



دانشگاه پیام نور  
بخش علوم کشاورزی

عنوان جزوه: کانالهای آبرسانی

(رشته مدیریت و آبادانی روستاها)

مؤلف: دکتر اسماعیل یساری - مهندس بابک مومنی

تهیه و تدوین: ۱۳۹۱



یکی از معضلاتی که مکرراً در طرح‌های آبیاری دیده می‌شود، روش‌های ناکارآمد کشاورزان در بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌ی کانال‌ها است. کارمندان ادارات امور آب و توسعه‌ی روش‌های آبیاری، می‌توانند به کشاورزان در بهتر و پایدارتر شدن نظام بهره‌برداری از کانال‌های آبیاری کمک‌های شایانی نمایند. هدف کتاب حاضر این است که به بهره‌برداران در تلاش‌هایشان برای استفاده‌ی بهینه از شبکه کانال‌های آب کمک کند.

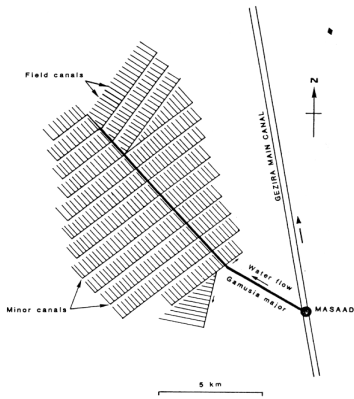
جهت نیل به این هدف، عملکرد یک شبکه‌ی کانال در کنار مفاهیم پایه مرتبط با آن نظیر، دبی، گنجایش، تلفات و شیب تشریح شده است. توجهات به اهمیت نگهداری از کانال‌ها و چگونگی تحقق روش‌های آن معطوف شده است. این کتاب، نگاهی دارد به پاره‌ای از مشکلاتی که در بسیاری از اوقات در سیستم‌های آبیاری رخ می‌دهد و سعی دارد راه‌کارهای مناسبی برای جلوگیری و یا فائق آمدن بر این مسائل ارائه کند. در بخش‌هایی توضیح داده شده است که چگونه می‌توان یک پروژه‌ی در حال بهره‌برداری را تاحدی توسعه داد و یک طرح جدید کوچک را چگونه می‌توان احداث کرد.

این کتاب تنها به شبکه‌ی کانال روباز می‌پردازد، که متداول‌ترین سیستم مورد استفاده در سراسر دنیا است.

اراضی فاریاب مرتبط با مباحث این کتاب، ممکن است مستقل از طرح‌های بزرگ‌تر و یا بخشی از آنها باشد. این اراضی وسعتی در حدود ۲۰۰ هکتار یا کمتر را در بر گرفته، و تا قبل از مرحله‌ی توسعه یا آغاز اجرای طرح‌های جدید حتی به کمتر از ۵۰ هکتار نیز می‌رسند.

کتاب این به دنبال این نیست که به خواننده آموزش دهد چطور محاسبات پیچیده ی هیدرولیکی را انجام دهد، یا طراحی پیچیده ی ساختمانی طرح های آبیاری جدید را به او بیاموزد. در این کتاب سعی شده، کمکی برای نظام های بهره برداری در تلاش های شان در مسیر بهبود روش های استفاده از طرح های آبیاری کوچک یا زیرمجموعه های خرد طرح های بزرگ فراهم آید.

بنابراین، این کتاب متضمن پاسخگویی به تمامی مشکلاتی که خواننده به عنوان یک مهندس آبیاری ممکن است با آن برخورد کند، نیست!



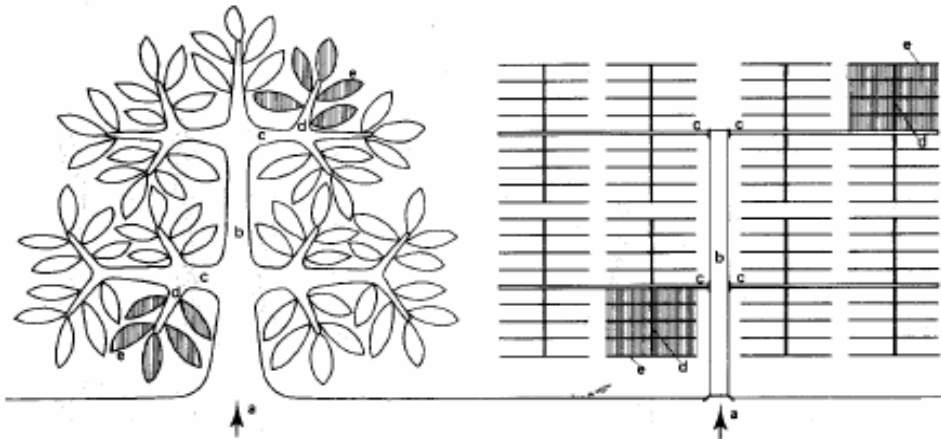
# فصل دوم شبکه‌ی کانال و طرح آبیاری

## ۱.۲. مقدمه

این فصل کارکردهای یک شبکه‌ی کانال آبیاری و روش بهره‌برداری از یک طرح آبیاری را مطرح می‌کند.

## ۲.۲. وظیفه و عملکرد

یک سیستم کانال‌های آبیاری که «شبکه‌ی کانال‌ها»<sup>۱</sup> نیز نامیده می‌شود، آب را از محل تامین آن به مزارع انتقال می‌دهد و از تعداد زیادی کانال تشکیل شده است. همان گونه که در شکل یک نشان داده شده است، برای تجسم کارکرد یک شبکه‌ی کانال آبیاری می‌توان آن را با یک درخت مقایسه کرد.

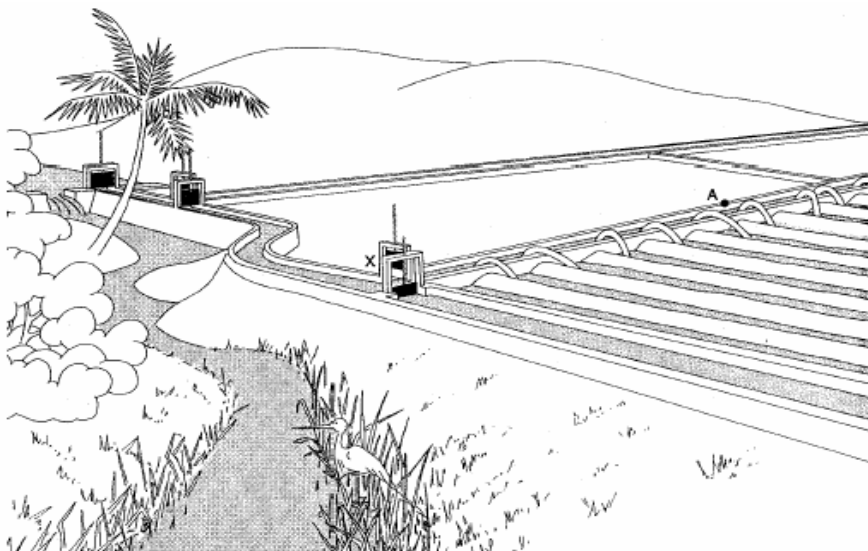


شکل ۱. شبکه‌ی کانال‌های آبیاری در مقایسه با درخت

ساقه‌ی اصلی درخت آب را از خاک می‌کشد و آن را به شاخه‌ها انتقال می‌دهد. شاخه‌ها، آب ترکه‌ها را تامین می‌کنند و بالاخره آب وارد برگ‌ها می‌شود و در آنجا صرف رشد گیاه یا تبخیر و تعرق می‌شود.

همین مکانیسم را در یک طرح آبیاری می‌توان دید: کانال اصلی یا درجه‌ی یک<sup>۱</sup> (ساقه) آب را از محل تامین آن که می‌تواند رودخانه، دریاچه، مخزن یا منبع آب زیرزمینی باشد، دریافت نموده، و به وسیله کانال‌های کوچک‌تر درجه‌ی دو<sup>۲</sup> (شاخه‌ها) در بین کانال‌های درجه‌ی سه<sup>۳</sup> (ترکه‌ها) که باز هم کوچک‌تر هستند، توزیع می‌کنند. در نهایت، آب از کانال‌های درجه‌ی سه وارد زمین‌های کشاورزی (برگ‌ها) می‌شود و در آنجا صرف آبیاری یک محصول و یا تبخیر و نفوذ در زمین می‌شود.

این کانال‌ها در زمین حفر می‌شوند، بنابراین از شیب طبیعی زمین تبعیت می‌کنند، و جریان آب بر اثر نیروی ثقل از طریق کانال‌ها به سمت مزارع سرازیر می‌شود. شکل دو بخشی از یک سیستم کانال آبیاری کوچک را نشان می‌دهد.

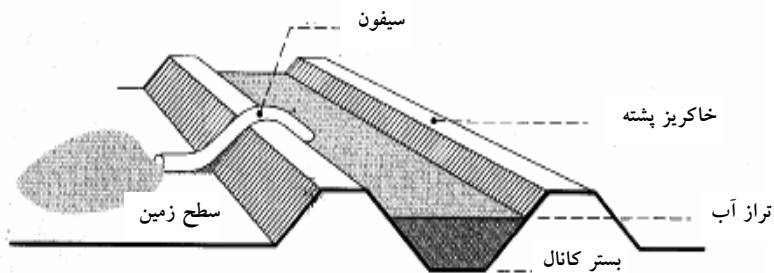


شکل ۲. قسمتی از یک سیستم کانال آبیاری کوچک

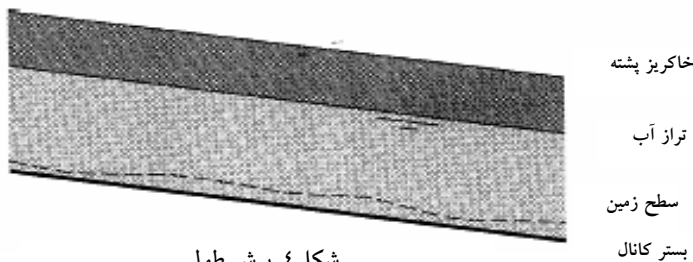
- 1 - Main or Primary Canal
- 2 - Secondary Canals
- 3 - Tertiary Canals

این شکل بند احداث شده روی رودخانه‌ای را نشان می‌دهد که آب از آن جاری شده، و به سمت کانال اصلی حرکت می‌کند. سپس آب از دو کانال کوچک‌تر عبور کرده، و در نهایت از طریق سیفون‌ها وارد مزارع می‌شود.

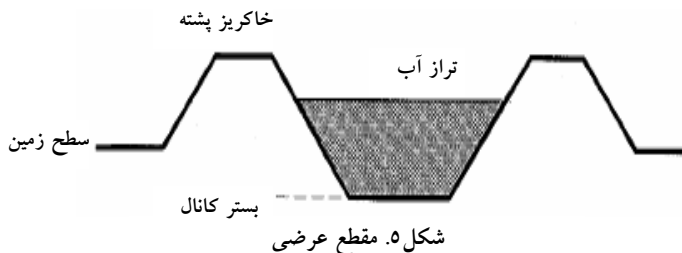
کوچک‌ترین کانال‌های سیستم، نیاز مزارع را برآورده می‌سازد. بنابراین آب در این کانال‌ها باید در تراز بالاتری نسبت مزارع قرار گیرد. این مساله را با مشاهده‌ی شکل‌های بعدی به روشنی می‌توان درک کرد. شکل ۳ یک کانال درجه‌ی سه را نشان می‌دهد که یک مزرعه را با کمک سیفون آبیاری می‌کند. در شکل ۴ برشی طولی از این کانال و شکل ۵ مقطع عرضی آن نشان داده شده است.



شکل ۳. یک کانال درجه‌ی سه در حال بهره برداری توسط یک مزرعه



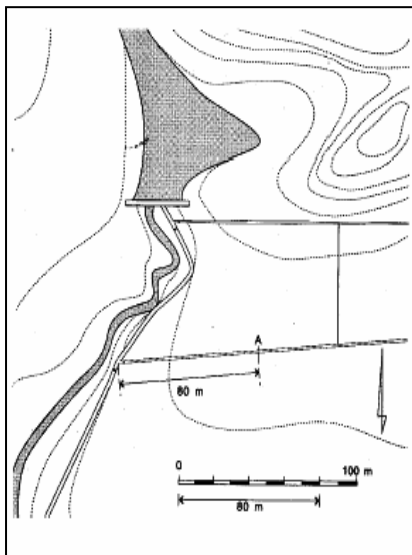
شکل ۴. برش طولی



شکل ۵. مقطع عرضی

همانطوری که در شکل نشان داده شده، بهترین حالت این است که بستر کانال پایین تر از مزرعه باشد، اما اگر کانالی یک فرورفتگی داخل مزرعه را قطع کند، بستر کانال ناگزیر، ممکن است تا حدی بالاتر از مزرعه بنا شود.

## ۲.۳. طرح آبیاری



پیش از طراحی هر شبکه‌ی کانال‌های آبیاری، باید نقشه‌برداری توپوگرافی<sup>۱</sup> انجام شود و نقشه توپوگرافی منطقه ترسیم می‌شود. روی این نقشه، طرح سیستم کانال‌های آبیاری به‌گونه‌ای پیاده می‌شود که توزیع آب تا حد امکان کارا باشد. شکل ۶ نمونه‌ای از چنین طرح آبیاری که بر شبکه‌ی کانال‌های شکل ۲ منطبق است، نشان می‌دهد.

شکل ۶. طرح آبیاری

در شکل ۶ نشان داده شده، چطور شبکه‌ی

آبیاری در مزرعه جای می‌گیرد. لذا کانال اصلی و کانال‌های مزرعه را به وضوح می‌توان در طرح مشاهده کرد. روش تطابق بین طرح و سیستم کانال‌ها در تمرین ۱ روشن شده است.

### تمرین ۱.

پرسش: کدام نقطه روی طرح آبیاری بر نقطه‌ی A در مزرعه منطبق است؟

راه حل:

**گام اول:** روی نقشه نقطه‌ای را جستجو کنید که نزدیک نقطه‌ی A باشد و بهتر است جانمایی این نقطه را در مزرعه مشخص نمود؛ در این مورد آبگیر کانال مزرعه مدنظر قرار گرفته شده است.

**گام دوم:** فاصله‌ی بین نقطه‌ی مرجع و A را روی نقشه اندازه بگیرید.

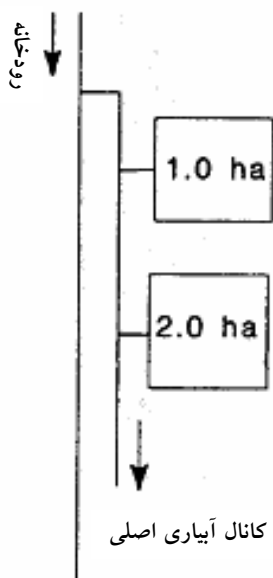
**گام سوم:** اگر نقشه یک مقیاس خطی دارد، فاصله‌ی یافت شده در گام اول را در امتداد آن اندازه‌گیری کنید و فاصله‌ی واقعی را بخوانید. اگر مقیاس شکلی داده شده است، فاصله‌ی اندازه‌گیری شده (بر حسب سانتی‌متر) را در مقیاس ضرب کنید و به متر تبدیل کنید. مثلاً اگر

مقیاس نقشه ۱:۲۰۰۰ است، ۱ سانتی‌متر روی نقشه برابر است با ۲۰۰۰ سانتی‌متر (۲۰ متر) روی زمین.

**گام چهارم:** به مزرعه بروید و نقطه‌ی مرجع (Benchmark) استفاده شده را بیابید، آبگیر کانال مزرعه با علامت X در شکل ۲ نشان داده شده است. طول پایین دست کرانه‌ی کانال مزرعه را با توجه به فاصله‌ی تعیین شده در گام سوم اندازه بگیرید.

نتیجه نشان دهنده‌ی نقطه‌ی A روی نقشه و در شکل ۲ است.

یک شبکه‌ی کانال‌های آبیاری با یک جانمایی شماتیک و نیز یک نقشه‌ی توپوگرافی مناسب قابل ترسیم است. در جانمایی شماتیک طرح آبیاری کانال‌های آبیاری اصلی و درجه دو، آبگیرها و سطوح تحت پوشش هریک را نشان می‌شود. نمایی شماتیک از پروژه‌ی آبیاری طرح شده در شکل‌های ۲ و ۶ در شکل ۷ نشان داده شده است. واحدهای آبیاری با استفاده از مربع‌های کوچک نشانه‌گذاری می‌شود، در این مورد، سطح تحت پوشش هر آبگیر نوشته شده است.



شکل ۷. نمایی شماتیک از طرح آبیاری

**تمرین ۲.**  
 پرسش: کدام آبگیر در طرح شماتیک شکل ۷ بر آبگیر درجه‌ی سه‌ای که با علامت X در مزرعه‌ی شکل ۲ منطبق است؟  
 راه حل:  
 گام اول: آبگیر X، آبگیر شماره‌ی ۲، در امتداد کانال اصلی است.  
 گام دوم: آبگیر شماره‌ی ۲ را در امتداد کانال اصلی در شکل ۷ بیابید.



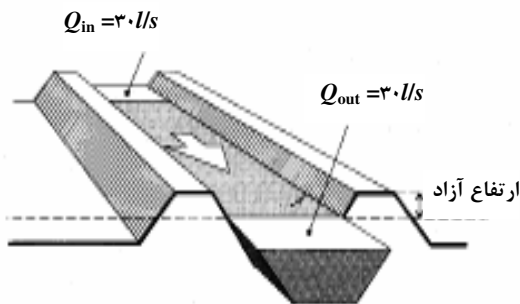


### ۳. ۱. مقدمه

کانال های آبیاری، آب را از منبع تامین آب به مزارع کشاورزان انتقال می دهند. برای اینکه اراضی بیشتری از یک کانال بهره مند شوند، آب بیشتری هم باید منتقل شود. شدت جریان انتقال آب در یک کانال، بده یا دبی<sup>۱</sup>، و حداکثر دبی که هر کانال می تواند انتقال دهد، گنجایش کانال<sup>۲</sup>، نامیده می شود. در این فصل این مفاهیم تشریح شده، و ابعاد کانال ها نیز به عنوان تابعی از گنجایش شان تعریف می گردد.

### ۳. ۱. ۱. دبی چیست؟

دبی عبارت است از حجم آبی که در هر ثانیه منتقل می شود. در این تعریف، حجم بر حسب لیتر ( $l$ ) یا مترمکعب ( $m^3$ ) (۱ مترمکعب = ۱۰۰۰ لیتر) بیان می شود، و حرف  $Q$  معمولاً به عنوان نماد دبی استفاده می گردد.



شکل ۸. دبی در یک کانال

شکل ۸ برش طولی کوتاهی از یک کانال آبیاری را نشان می دهد که ۳۰ لیتر آب را در هر ثانیه منتقل می کند ( $l/s$ ). از مقطع بالادست این برش، حجم ۳۰ لیتر در هر ثانیه وارد و در همان ثانیه حجم ۳۰ لیتر از مقطع پایین دست

- 1 - Discharge
- 2 - Canal Capacity

انتهای برش خارج می‌شود. به عبارت ساده‌تر، اگر ظرفی با حجم ۳۰ لیتر در انتهای این مقطع کانال قرار داده شود، در هر ثانیه پر خواهد شد. به شکل نمادین مقدار دبی به این صورت نشان داده می‌شود:  $Q = 30 // s$ .

### ۳. ۱. ۲. دبی و نیاز آبی<sup>۱</sup>

نیاز آب آبیاری در یک طرح در طول فصل کشت ثابت نیست، چون به مقدار بارندگی و نیاز آبی<sup>۲</sup> محصولاتی که در طرح رشد می‌کنند بستگی زیادی دارد. در شروع فصل ممکن است آب زیادی برای آماده سازی زمین نیاز باشد، در ادامه، در دوره‌ی رشد ابتدایی محصول، مقدار نیاز آبی کاهش می‌یابد. همین‌طور که گیاه بزرگ‌تر می‌شود و به رشد کامل خود می‌رسد، نیاز آبی افزایش می‌یابد. بالاخره وقتی گیاه به رشد کامل رسید و آماده‌ی برداشت گردید، تقاضا برای آب رو به کاهش می‌نهد.

راه‌های متعددی برای مواجهه با تغییر نیاز آب مزارع وجود دارد:

⊕ دبی کانال‌ها با استفاده تغییر در وضعیت سازه‌های کنترل یا قرار دادن دریچه، بر نیاز واقعی آب منطبق گردد.

⊕ در حالی که دبی ثابت نگه داشته می‌شود، مدت زمان توزیع آب بین مزارع افزایش یا کاهش داده شود.

⊕ در حالی که دبی و مدت زمان توزیع آب ثابت نگه داشته می‌شود، دور آبیاری، فواصل بین زمان‌های توزیع آب، طولانی‌تر یا کوتاه‌تر شود (در مورد ذخیره‌سازی مداوم آب، این رویکرد عملی نیست).

⊕ ترکیبی از تمامی موارد فوق.

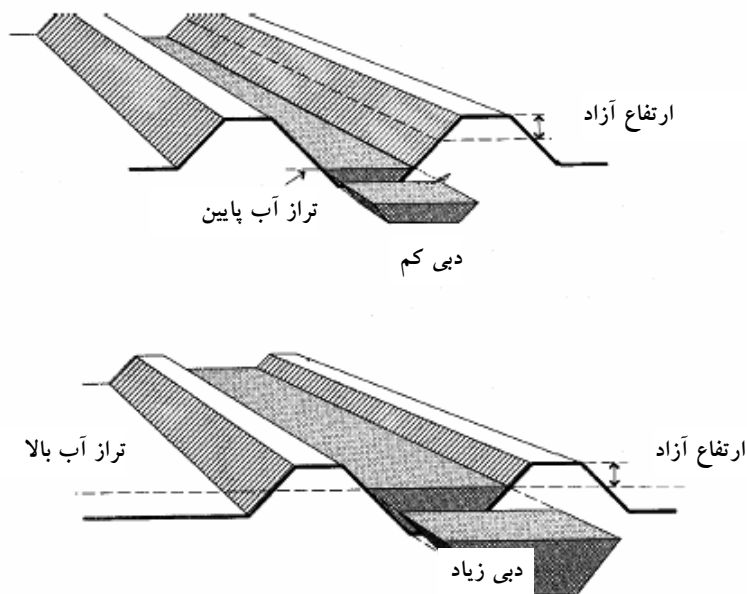
### ۳. ۱. ۳. کنترل دبی

هرکدام از گزینه‌های فوق که برای برخورد صحیح با تغییر نیاز آبی یک طرح انتخاب شود، تامین آب طرح و توزیع آن بین مزارع از طریق کانال‌ها نیازمند فرآیند تنظیم و کنترل است. برای تامین نیاز آبی محصولات و پرهیز از تلفات ناشی از ذخیره‌سازی خیلی زیاد، باید مفهوم دبی و روش برآورد میزان دبی در کانال‌ها را مطابق با آنچه که در بخش ۳. ۲. آمده است، شناخت.

1 - Demand

2 - Water Requirement

به طور کلی، همان گونه که در شکل ۹ نشان داده شده است، می توان گفت که در کانال های با مقاطع یکسان، برای دبی های کم، سطح تراز آب پایین و برای دبی های زیاد، بالا است. با افزایش دبی و به تبع آن بالا رفتن سطح تراز آب در کانال، خطر لبریز شدن، خاکریز کانال را تهدید می کند. برای جلوگیری از سرریز شدن آب و حفاظت از خاکریزها در برابر خطر لبریز شدن آب، باید یک حاشیه امنیت مناسب که حداقل ارتفاع آزاد مورد نیاز<sup>۲</sup> نامیده می شود، بین حداکثر تراز آب و پشته ی کانال در نظر گرفته شود. در شکل های ۹، ۱۱ و ۱۲ ارتفاع آزاد ( $f_b$ ) نشان داده شده است. مفهوم ارتفاع آزاد در بخش ۳.۲.۲. تشریح شده است. وقتی تراز آب به تراز حداکثر می رسد، دبی کانال برابر با حداکثر دبی مجاز خواهد بود و گنجایش کانال نامیده می شود. برای گنجایش کانال معمولاً از نماد  $Q_m$  یا  $Q_{max}$  استفاده می شود. عوامل موثر بر گنجایش کانال در بخش ۳.۳. مورد بحث قرار گرفته است.



شکل ۹. نسبت تراز آب و میزان دبی: تراز آب پایین - دبی کم؛ تراز آب بالا - دبی زیاد

1 - Overtopping

2 - Minimum Required Free Board

### ۳.۲. برآورد دبی

هدف از مدیریت آبیاری صحیح، توزیع متناسب جریان در شبکه‌ی کانال‌ها و داخل مزارع است. این بدان معناست که دبی کانال‌ها باید بر نیاز آب مزارع منطبق باشد. توزیع آب نامناسب ممکن است حاصل افزایش زیاد دبی در برخی کانال‌ها و کاهش زیاد آن در برخی دیگر باشد، و منجر به مناقشات آب بین کشاورزان شود. برای به دست آوردن کفایت و عدالت در توزیع آب بین مزارع دانستن مقدار دبی کانال‌ها بسیار مفید است. مقدار دبی در یک کانال را با استفاده یا بدون استفاده از سازه‌های اندازه‌گیری جریان می‌توان اندازه‌گیری کرد. یک روش رایج که بدون استفاده از سازه‌های اندازه‌گیری انجام می‌شود در ادامه تشریح می‌شود. این روش، در اصطلاح، روش جسم شناور<sup>۱</sup> نامیده می‌شود که البته، روش چندان دقیقی نیست و خطایی در حد ۱۰٪ باید برای آن در نظر گرفته شود.

این روش با برآورد میانگین سرعت جریان ( $V$ )، و اندازه‌گیری سطح مقطع عرضی، که «مقطع عرضی خیس شده»<sup>۲</sup> نامیده می‌شود ( $A$ )، مقدار دبی ( $Q$ ) را با استفاده از فرمول زیر می‌توان محاسبه کرد:

$$Q = A \times V \quad (1)$$

که در این رابطه:

$Q$  برابر است با دبی بر حسب  $m^3/s$ ،

$V$  برابر است با سرعت متوسط جریان بر حسب  $m/s$ ، و

$A$  برابر است با سطح مقطع عرضی خیس شده بر حسب  $m^2$ .

اگر لازم باشد که دبی به جای  $m^3/s$  بر حسب  $l/s$  بیان شود، فرمول مورد استفاده بدین

صورت تغییر خواهد کرد:

$$Q = 1000 \times A \times V \quad (2)$$

که در این رابطه:

$Q$  برابر است با دبی بر حسب  $l/s$  (عدد ۱۰۰۰ عامل تبدیل  $m^3$  به  $l$  است  $[1 m^3 = 1000 l]$ )،

$A$  و  $V$  پیش‌تر معرفی شده است.

---

1 - Floating method

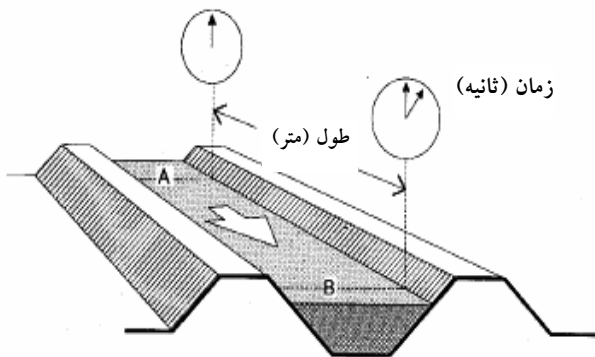
2 - Wetted cross-section

بخش ۳. ۲. ۱ روشی برای برآورد سرعت متوسط جریان و بخش ۳. ۲. ۲. یک روش برای تعیین سطح مقطع خیس شده را تشریح می کند.

### ۳. ۲. ۱. سرعت متوسط جریان

برای برآورد سرعت متوسط جریان، ابتدا باید سرعت جریان در سطح آب یا همان سرعت سطحی  $V_s$ ، تعیین شود. سرعت سطحی با اندازه گیری زمانی که شی شناور نظیر یک گوی

چوبی، یک بطری و یا یک نارگیل صرف می کند تا یک فاصله ی قبلاً اندازه گیری شده به طول ۱۰ یا ۲۰ متر در امتداد کانال را طی کند، تعیین می شود. شی شناور باید در مرکز کانال قرار داده شود و اندازه گیری زمان برای پرهیز از خطا



شکل ۱۰. اندازه گیری سرعت سطحی

به ازای زمان های متعدد تکرار شود. امتدادی از کانال که برای اندازه گیری استفاده می شود، باید مستقیم و منظم باشد (شکل ۱۰) تا تغییری در سرعت و سطح مقطع به وجود نیاید، زیرا چنین تغییراتی موجب کاهش دقت سرعت برآورد شده می شود.

برای محاسبه ی سرعت سطحی  $V_s$ ، طول انتخاب شده  $L$ ، بر زمان پیمایش  $t$ ، تقسیم

می شود:

$$V_s = \frac{L}{t} \quad (3)$$

که در این رابطه:

$V_s$  برابر است با سرعت سطحی بر حسب متر بر ثانیه (m/s)،

$L$  برابر است با فاصله ی بین نقاط A و B بر حسب متر (m)،

$t$  برابر است با زمان پیمایش بین نقاط A و B بر حسب ثانیه (s).

برای به دست آوردن سرعت متوسط باید سرعت سطحی را کاهش داد، زیرا جریان آب در سطح سریع تر از جریان زیرسطحی است. برای کانال‌های آبیاری این عملگر کاهنده تقریباً برابر است با ۰.۷۵. بنابراین سرعت متوسط را می توان از رابطه‌ی زیر پیدا کرد:

$$V = 0.75 \times V_s \quad (4)$$

که در این رابطه:

$V$  برابر است با سرعت متوسط جریان بر حسب  $m/s$ ،

عدد ۰.۷۵، یک ثابت، عملگر کاهنده، است؛ و

$V_s$  برابر است با سرعت سطحی ( $m/s$ ) که از محاسبات قبلی به دست می آید.

### تمرین ۳.

پرسش: سرعت متوسط جریان در یک کانال را بیابید، اگر:

- طول اندازه گرفته شده در یک بخش مستقیم و منظم کانال ۲۰ متر باشد:  $[L=20m]$
- زمان مورد نیاز برای اینکه یک گوی چوبی فاصله‌ی اندازه گرفته شده را بپیماید ۵۰ ثانیه باشد:  $[t=50s]$ .

راه حل:

$$\text{گام اول: سرعت سطحی، } V_s, \text{ را بیابید: } V_s = \frac{L}{t} = \frac{20}{50} = 0.4 \text{ m/s}$$

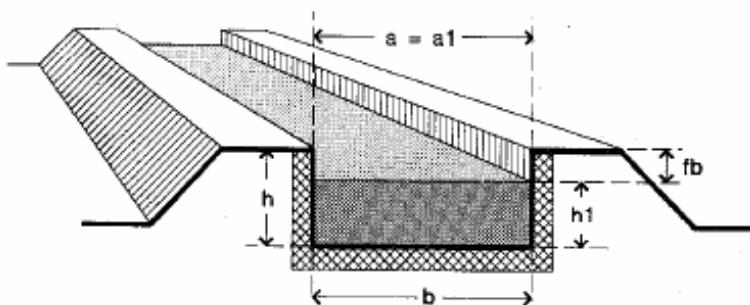
$$\text{گام دوم: سرعت متوسط، } V, \text{ را به دست آورید: } V = 0.75 \times V_s = 0.75 \times 0.4 = 0.3 \text{ m/s}$$

### ۳.۲.۲. سطح مقطع خیس شده

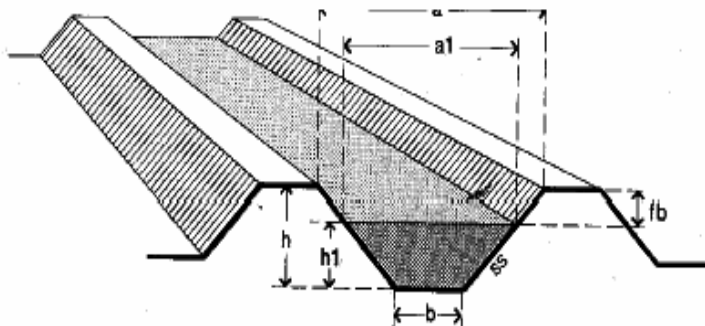
#### کلیات

برای انتقال دبی، از ابعاد و شکل‌های مختلف کانال می توان استفاده کرد، اما رایج ترین شکل مورد استفاده، مقطع ذوزنقه‌ای است. این شکل مقطع ممکن است برای هر نوع کانالی اعم از کانال‌هایی که سطح آبراهه‌ی آن با مصالح عایق آب پوشیده شده، و کانال‌های پوشش نشده یا کانال‌های خاکی مورد استفاده قرار گیرد. اما شکل‌های دایره‌ای و مستطیلی هم برای کانال‌های

پوشش شده استفاده می‌شوند. در این کتاب تنها مقاطع دوزنقه‌ای و مستطیلی که در شکل‌های ۱۱ و ۱۲ نشان داده شده، مورد بررسی قرار گرفته است.



شکل ۱۱. کانال مستطیلی



شکل ۱۲. کانال دوزنقه‌ای

در هر دو شکل ۱۱ و ۱۲، نمادهای زیر استفاده شده‌اند:  $a$  نماد عرض فوقانی کانال است، و برای کانال‌های مستطیلی  $a = a_1 = b$ ؛ عرض سطح آب با نماد  $a_1$ ؛ عرض بستر کانال با نماد  $b$ ؛ ارتفاع خاکریز روی تراز بستر کانال با نماد  $h$ ؛ عمق آب با نماد  $h_1$ ؛ ارتفاع آزاد با  $f_b$ ؛ و شیب جانبی (که برای کانال مستطیلی محاسبه نمی‌شود) با نماد  $S_s$  نمایش داده می‌شود.

اصطلاح ارتفاع آزاد ( $f_b$ ) در بخش ۳.۱.۳ معرفی شده است. به منظور پیش‌گیری از مشکل لبریزشدگی خاکریزهای کانال و پس از آن سرریز شدن آب و تخریب احتمالی کناره‌ها در نتیجه فرسایش آبی، به یک فاصله‌ی اطمینان نیاز است تا نوسانات تراز آب را عملاً اصلاح کند. این فضای اطمینان اصطلاحاً 'ارتفاع آزاد' نامیده می‌شود و طبق تعریف برابر است با اختلاف بین تراز آب و تراز تاج خاکریز. حداقل ارتفاع آزاد مورد نیاز به عمق آب و مصالح استفاده شده برای احداث خاکریز بستگی دارد. خاکریزهای ساخته شده با استفاده از مصالح شنی نسبت به خاکریزهایی که در آنها از مصالح رسی استفاده می‌شود، باید ارتفاع آزاد بیشتری داشته باشند. وقتی از خاکریزها به‌عنوان جاده استفاده شود، برای کمک به جلوگیری از تخریب، باید به ارتفاع آزاد افزوده شود. براساس یک قاعده‌ی سرانگشتی، حداقل ارتفاع آزاد مورد نیاز برای کانال‌های کوچک و متوسط به این ترتیب است:

✚ برای عمق آب ۴۰ متر یا کمتر،  $f_b = 2.0m$ . یعنی حداقل ارتفاع یک خاکریز باید با

حداکثر عمق آب  $2.0m +$  برابر باشد، یا به عبارتی دیگر،  $h = h_1 + 2.0m$ .

✚ برای عمق آب ۴۰ متر یا بیشتر،  $f_b = 0.5h_1$ . یعنی حداقل ارتفاع یک خاکریز باید

$1/5$  برابر عمق آب باشد، یا به عبارتی دیگر،  $h = 1/5 h_1$ .

عرض سطح آب،  $a_1$ ، به شیب جانبی<sup>۲</sup> کانال،  $S_s$ ، بستگی دارد. هرچه قدر  $S_s$  بزرگ تر شود مقدار  $a_1$  به اندازه‌ی عرض کف،  $b$ ، نزدیک‌تر می‌شود. شیب جانبی به مصالحی که برای ساخت کانال استفاده می‌شود بستگی دارد، بنابراین کانال‌هایی که با رس سنگین ساخته می‌شوند، نسبت به آنهایی که با مصالح شنی‌تر احداث می‌شوند، شیب جانبی تندتری دارند. کانال‌های پوشش یافته با آجر یا بتن، حتی می‌توانند شیب جانبی قائم داشته باشند. انواع شیب‌های جانبی مورد استفاده برای مصالح کانال‌های مختلف در بخش ۴.۲.۳ بررسی شده است.

شیب جانبی به شکل یک نسبت بیان می‌شود، مثلاً ۱ در ۲، ۱ به ۲، یا ۱:۲. این بدان معناست که خاکریز به‌ازای یک واحد افزایش ارتفاع دو واحد افزایش طول افقی خواهد داشت و به صورت جانبی حرکت می‌کند. برای مثال، به ازای ۱۰cm بالا رفتن، ۲۰cm رو به بیرون حرکت

---

1 - Free Board

2 - Side Slope

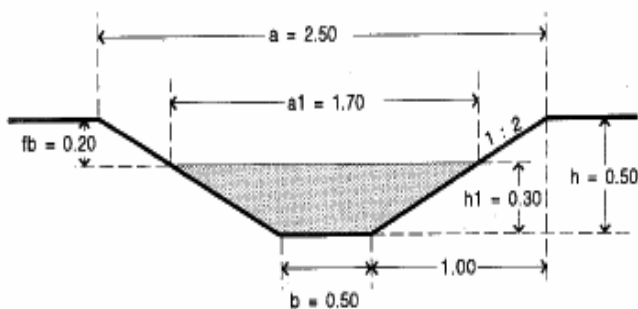


می‌کند، یا به ازای  $100\text{ cm}$  جابجایی افقی،  $50\text{ cm}$  به طور قائم بالا می‌رود. برای درک این مطلب به مثال شکل ۱۳ توجه کنید.

شیب جانبی شکل ۱۳ را می‌توان از رابطه‌ی زیر محاسبه کرد:

$$S_s = \frac{\text{ارتفاع خاکریز}}{\text{عرض خاکریز}} \quad (5)$$

که در آن عرض خاکریز عبارت است از فاصله‌ی افقی از پای شیب تا لبه‌ی داخلی تاج.



شکل ۱۳. شیب جانبی

$$S_s = \frac{0.50}{1.00} = \frac{1}{2} = 0.5 = 1:2$$

نکته:

$$S_s = \frac{h}{\frac{(a-b)}{2}} = 2 \times \frac{h}{a-b} = 2 \times \frac{0.50}{2.50-0.50} = 2 \times \frac{0.50}{2.00} = 2 \times \frac{1}{4} = \frac{1}{2}; S_s = 1:2$$

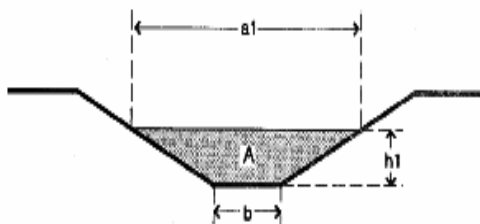
$$S_s = \frac{h_1}{\frac{(a_1-b)}{2}} = 2 \times \frac{h_1}{a_1-b} = 2 \times \frac{0.30}{1.70-0.50} = 2 \times \frac{0.30}{1.20} = 2 \times \frac{1}{4} = \frac{1}{2}; S_s = 1:2$$

محاسبه‌ی سطح مقطع خیس شده:

برای اندازه‌گیری جریان با روش جسم شناور، سطح مقطع خیس شده (A) برای یک بخش انتخابی مستقیم و منظم کانال باید تعیین شود. اگر شکل کانال دوزنقه‌ای باشد، این مساحت پس از اندازه‌گیری عرض بستر (b)، عرض سطح آب (a<sub>1</sub>)، و عمق آب (h<sub>1</sub>)، مطابق شکل ۱۴ از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید:

$$A = \frac{(b+a_1)}{2} \times h_1 \quad (6)$$

که:



$A$ ، سطح مقطع خیس شده ( $m^2$ );

$a_1$ ، عرض سطح آب ( $m$ );

$b$ ، عرض بستر ( $m$ );

$h_1$ ، عمق آب ( $m$ ).

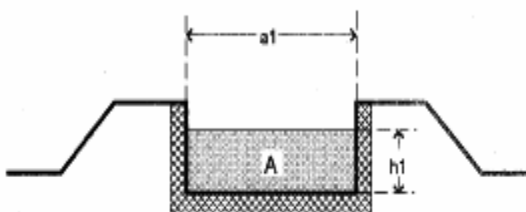
شکل ۱۴. مقطع عرضی کانال دوزنقه ای

در کانال‌های مستطیلی مطابق شکل ۱۵ رابطه‌ی فوق بدین صورت در می‌آید:

$$A = a_1 \times h_1$$

(۷)

که:



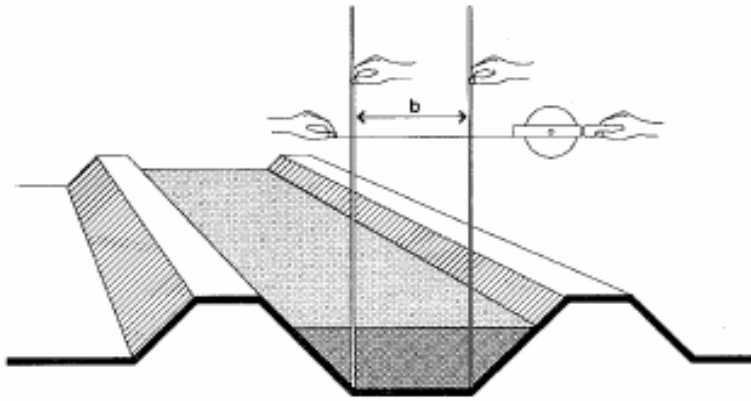
$A$ ، سطح مقطع خیس شده ( $m^2$ );

$a_1$ ، عرض سطح آب ( $m$ );

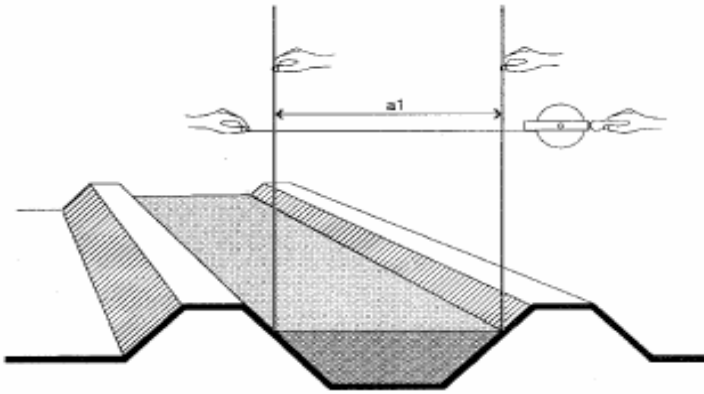
$h_1$ ، عمق آب ( $m$ ).

شکل ۱۵. مقطع عرضی کانال مستطیلی

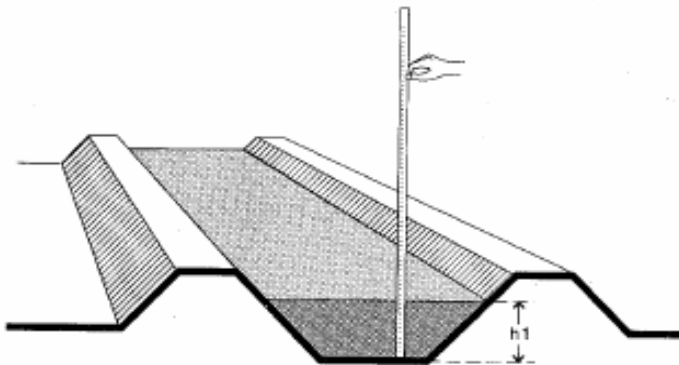
برای آشنایی با چگونگی اندازه‌گیری هر یک از ابعاد به شکل‌های ۱۶، ۱۷، و ۱۸ مراجعه کنید. مقاطع کانال‌های آبیاری پوشش‌نیافته (فرسایشی) به‌ندرت شکل هندسی منظمی دارند. عرض بستر و عمق آب ممکن است حتی در فواصل کوتاهی از امتداد کانال هم متغیر باشد. چنین رویکردی برای کانال‌های پوشش‌شده هم وجود دارد. اما تغییرات عرض بستر و عمق آب در کانال‌های پوشش‌یافته کمتر از کانال‌های فاقد پوشش (فرسایشی) است. به‌دلیل وجود چنین بی‌نظمی‌هایی در کانال‌های بدون پوشش (فرسایشی)، برای محاسبه مساحت متوسط، سطح مقطع عرضی به دفعات باید اندازه‌گیری شود. در تمرین ۷ و شکل ۱۶ ابعاد یک شکل با مقطع عرضی نامنظم اندازه‌گیری شده است.



شکل ۱۶. الف. اندازه‌گیری عرض بستر



شکل ۱۶. ب. اندازه‌گیری عرض سطح آب



شکل ۱۶. پ. اندازه‌گیری عمق آب

#### تمرین ۴.

پرسش:

در کانالی با مقطع عرضی تا حدودی فرسایش یافته (شکل ۱۷) عرض بستر، عرض سطح آب و عمق آب در کانال چقدر است؟

راه حل:

گام اول:

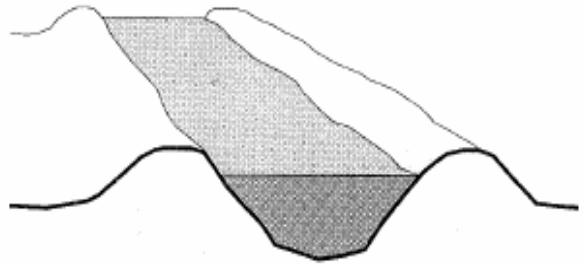
مکان تقریبی نقاطی از بستر کانال را که شیب جانبی کانال به سمت کناره‌ها آغاز می‌شود، پیدا کنید. از میله‌های چوبی یا فلزی به‌عنوان نشانه در این نقاط می‌توان استفاده کرد. در شکل ۱۸- الف طریقه‌ی اندازه‌گیری فاصله‌ی بین این دو نقطه نشان داده شده است. در این مساله برابر با  $0.44$  است.

گام دوم:

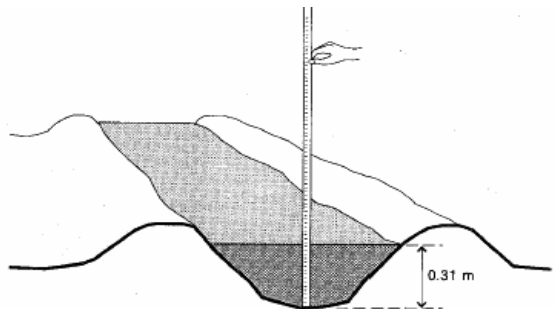
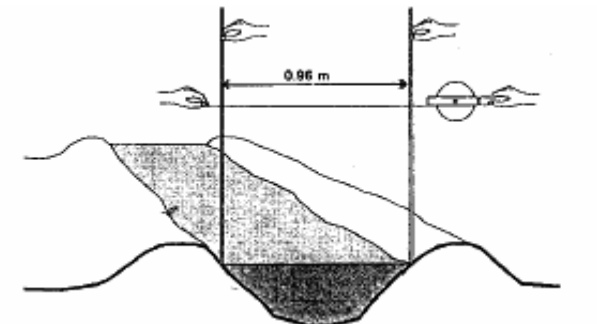
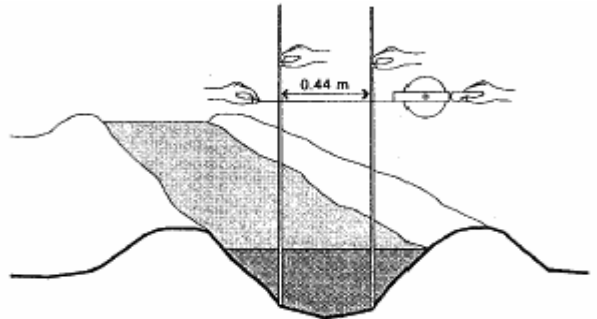
طبق شکل ۱۸- ب عرض سطح آب را اندازه بگیرید. در این مساله برابر با  $0.96$  است.

گام سوم:

عمق آب در میان سطح آب را مطابق شکل ۱۸- پ اندازه بگیرید. در این مساله برابر با  $0.31$  است.



شکل ۱۷. مقطع عرضی یک کانال غیر منتظم



شکل ۱۸. یک کانال غیر منتظم: الف) عرض بستر ب) عرض سطح آب پ) عمق آب

### ۳.۲۳. روش برآورد شدت جریان

در این بخش طریقه اندازه گیری دبی با استفاده از جسم شناور ارائه شده است.

#### تجهیزات:

- متر نواری به طول حداقل ۵ متر،
- کرنومتر یا ساعت با دقت اندازه گیری در حد ثانیه،
- جسم شناوری نظیر بطری یا نارگیل.

#### فرآیند:

گام اول: یک مسیر مستقیم از کانال به طول حداقل ۱۰ متر انتخاب کنید. شکل مقطع کانال در امتداد این مسیر باید تا حد امکان منظم باشد.

گام دوم: دو میخ چوبی، در هر کناره‌ی کانال، در بالادست مسیر مورد نظر قرار دهید. آنها باید بر محور کانال عمود باشند. این مشخصات بر نقطه‌ی A شکل ۱۰ منطبق است.

گام سوم: ۱۰ متر یا بیشتر از طول کانال را اندازه بگیرید.

گام چهارم: دو میخ چوبی در انتهای پایین‌دست سیر انتخاب شده‌ی کانال قرار دهید، آنها نیز باید بر محور کانال عمود باشند. این مشخصات بر نقطه‌ی B شکل ۱۰ منطبق است.

گام پنجم: جسم شناور را روی محور کانال، حداقل ۵ متر بالادست نقطه‌ی A قرار دهید و وقتی جسم به نقطه‌ی A رسید کرنومتر را به حرکت در آورید.

گام ششم: وقتی جسم شناور به نقطه‌ی B رسید، کرنومتر را متوقف کنید و زمان را بر حسب ثانیه ثبت کنید.

گام هفتم: گام‌های پنجم و ششم را حداقل ۴ مرتبه تکرار کنید تا متوسط زمان لازم برای آنکه جسم شناور فاصله‌ی بین نقاط A و B را بپیماید، تعیین شود. این جسم در طول آزمایش

نباید با خاکریز کانال برخورد کند، اما اگر این اتفاق افتاد، این فرآیند باید تکرار شود و زمان مربوط به آزمایشات انجام شده با شرایط یا نتایج نامناسب از محاسبات زمان متوسط حذف شود.

گام هشتم: پارامترهای زیر را در مقطع انتخاب شده اندازه گیری کنید:

- عرض بستر کانال،  $b$ ،

- عرض سطح آب،  $a_1$ ،

- عمق آب،  $h_1$ ،

مقطع عرضی کانال در بخش انتخاب شده، معمولاً منظم نیست. بنابراین پارامترهای  $b$ ،  $a_1$  و  $h_1$  باید در مکان های مختلفی اندازه گیری شود تا مقدار متوسط آنها به دست آید. در صورتی که کانال دارای مقطع مستطیلی باشد، عرض سطح آب،  $a_1$ ، با عرض بستر کانال  $b$ ، برابر خواهد شد.

گام نهم: سرعت سطحی،  $V_s$ ، و سپس سرعت متوسط،  $V$ ، را با روابط ارائه شده در بخش

۱. ۲. ۳. محاسبه کنید:

-  $V_s = L/t$ ، که در این رابطه  $t$  برابر است با زمان پیمایش بر مبنای چهار بار تکرار

آزمون جسم شناور،

$$V = 0.75 \times V_s -$$

گام دهم: سطح مقطع خیس شده،  $A$ ، را با استفاده از رابطه ی بخش ۱. ۲. ۳. محاسبه کنید:

$$A = \frac{(b + a_1)}{2} \times h_1 \quad (\text{پارامترهای } b, a_1 \text{ و } h_1 \text{ مقادیر متوسط هستند.})$$

گام یازدهم: مقدار دبی،  $Q$ ، در کانال با استفاده از رابطه ی بخش ۱. ۲. ۳. محاسبه می شود:

$$Q = V \times A \text{ (m}^3\text{/s)} \quad \text{یا} \quad Q = 1000 \times V \times A \text{ (L/s)}$$

### تمرین ۵.

مسیری مستقیم با مقطع منظم از یک کانال دوزنقه‌ای انتخاب شده است. در این مسیر فاصله‌ای به طول ۲۰ متر با میخ چوبی علامت‌گذاری شده است (گام‌های اول تا چهارم فرآیند فوق‌الذکر). برای تعیین سرعت آب نیز از یک نارگیل استفاده شده است (گام‌های ۵ و ۶). پس از چهار مرتبه تکرار آزمون نتایج زیر به دست آمد (رجوع کنید به تمرین ۳):

$$t_1 = 5.0 \text{ s}; t_2 = 5.2 \text{ s}; t_3 = 5.3 \text{ s}; t_4 = 5.3 \text{ s}.$$

سطح مقطع خیس شده هم پس از چهار مرتبه اندازه‌گیری به شرح زیر است (گام هشتم) (طبق

تمرین ۴):

$$b = 0.44; 0.42; 0.40; 0.45 \text{ m}.$$

$$a_1 = 0.96; 1.02; 1.03; 0.94 \text{ m}.$$

$$h_1 = 0.31; 0.28; 0.29; 0.30 \text{ m}.$$

پرسش: مقدار دبی (Q) چه قدر است؟

راه حل:

گام اول: محاسبه‌ی زمان پیمایش:

$$t_{\text{avg}} = \frac{5.0 + 5.2 + 5.3 + 5.3}{4} = \frac{20.8}{4} = 5.2 \text{ s}$$

گام دوم: محاسبه‌ی مقدار میانگین پارامترهای  $b$ ،  $a_1$  و  $h_1$ :

$$b_{\text{avg}} = \frac{0.44 + 0.42 + 0.40 + 0.45}{4} = \frac{1.71}{4} = 0.43 \text{ m}.$$

$$a_{\text{avg}} = \frac{0.96 + 1.02 + 1.03 + 0.94}{4} = \frac{3.95}{4} = 0.99 \text{ m}.$$

$$h_{\text{avg}} = \frac{0.31 + 0.28 + 0.29 + 0.30}{4} = \frac{1.18}{4} = 0.30 \text{ m}.$$

گام سوم: محاسبه‌ی سرعت سطحی ( $V_s$ ) و سرعت متوسط جریان ( $V$ ):

$$L = 20 \text{ m}, t_{\text{avg}} = 5.2, \rightarrow V_s = \frac{L}{t} = \frac{20}{5.2} = 0.38 \text{ m/s} \rightarrow$$

$$V = 0.75 \times V_s = 0.75 \times 0.38 = 0.29 \text{ m/s}$$

گام چهارم: محاسبه‌ی سطح مقطع خیس شده (A) با استفاده از نتایج گام دوم:

$$b = 0.43 \text{ m}, a_1 = 0.99 \text{ m}, h_1 = 0.30 \text{ m},$$

$$\rightarrow A = \frac{(b + a_1)}{2} \times h_1 = \frac{(0.43 + 0.99)}{2} \times 0.30 = 0.213 \text{ m}^2$$

گام پنجم: محاسبه‌ی دبی

$$V = 0.29 \text{ m/s}, A = 0.213 \text{ m}^2/\text{s}, \rightarrow$$

$$Q = A \times V = 0.29 \times 0.213 = 0.623 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 1000 \times A \times V = 1000 \times 0.29 \times 0.213 = 62 \text{ L/s}$$

### ۳.۳. عوامل تاثیرگذار بر بیشینه‌ی دبی

برای جلوگیری از افزایش بیش از حد تراز آب در یک کانال، فاصله اطمینانی بین تراز آب و پشته خاکریز در نظر گرفته می‌شود که هیچ‌گاه نباید کمتر از حداقل ارتفاع آزاد مورد نیاز کانال باشد. این بدان مفهوم است که، هر کانال تراز آب بیشینه‌ای دارد که باید لحاظ شود، و چون تراز آب و دبی به یکدیگر وابسته‌اند، در نتیجه، هر کانال یک بیشینه‌ی دبی نیز خواهد داشت، که به ازای آن جریان آب تامین شده، منتقل خواهد شد. این بیشینه‌ی دبی، گنجایش کانال نیز نامیده می‌شود. عواملی که بر بیشینه‌ی دبی یک کانال تاثیرگذار هستند، عبارتند از:

⊕ بیشینه‌ی سطح مقطع خیس شده

⊕ مقاومت در برابر جریان، یا زبری بستر و کناره‌ها،

⊕ شیب بستر و شیب طولی در امتداد مسیر جریان آب.

#### ۳.۳.۱. بیشینه‌ی سطح مقطع خیس شده

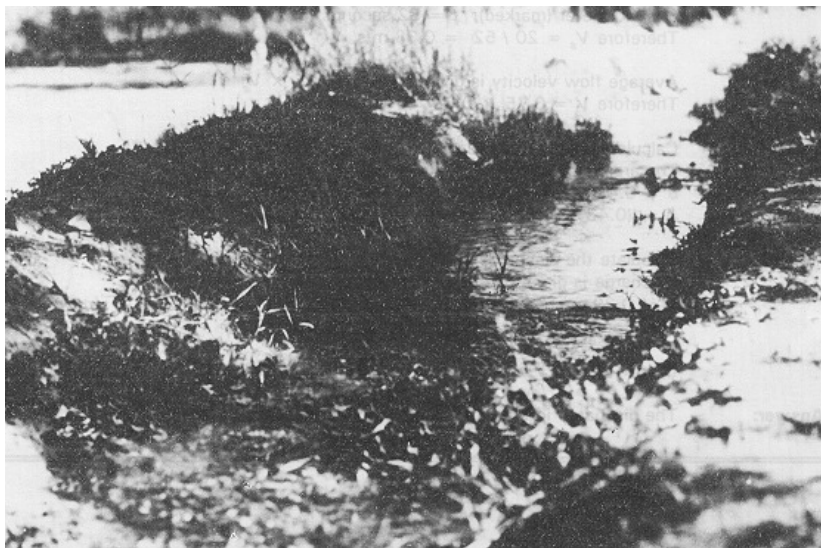
سطح مقطع خیس شده تاثیر زیادی بر گنجایش یک کانال دارد. در صورتی که ابعاد سطح مقطع خیس شده بزرگ باشد، اجازه می‌دهد جریان بیشتری از مقطع عبور کند و سرعت جریان هم بیشتر خواهد شد. برای مثال، اگر عرض بستر و بیشینه‌ی عمق آب، در شرایطی که حداقل ارتفاع آزاد مورد نیاز رعایت شده است، هر دو ۱۰ درصد افزایش یابد، گنجایش کانال ۳۰ درصد افزایش می‌یابد و اگر هر دو آنها ۲۰ تا ۳۰ درصد افزایش یابد، گنجایش به ترتیب بین ۶۰ تا ۱۰۰ درصد افزایش خواهد یافت.

#### ۳.۳.۲. زبری بستر کانال و کناره‌ها

شرایط بستر کانال و کناره‌ها نیز بر گنجایش کانال اثرگذارند. در کانال‌هایی که شرایط نگهداری مناسبی نداشته باشند، به‌ویژه کانال‌های خاکی، رشد علف‌ها در بستر و کناره‌ها بیشتر می‌شود، و این مساله مانعی خواهد شد در برابر عبور آزادانه‌ی جریان آب و به تبع آن سرعت جریان و در نتیجه گنجایش کانال کاهش خواهد یافت. برای درک بهتر، این مفهوم در مقایسه کانال‌ها و جاده‌ها نشان داده می‌شود: ماشین‌ها روی جاده‌های زیر (ناهموار) نسبت به جاده‌های صاف بسیار آرام‌تر حرکت می‌کنند. به‌طور مشابه، جریان آب در کانال‌های زبر و با نگهداری نامناسب نسبت به کانال‌های صاف و با نگهداری اصولی بسیار کمتر و آرام‌تر است. نمونه‌ای از

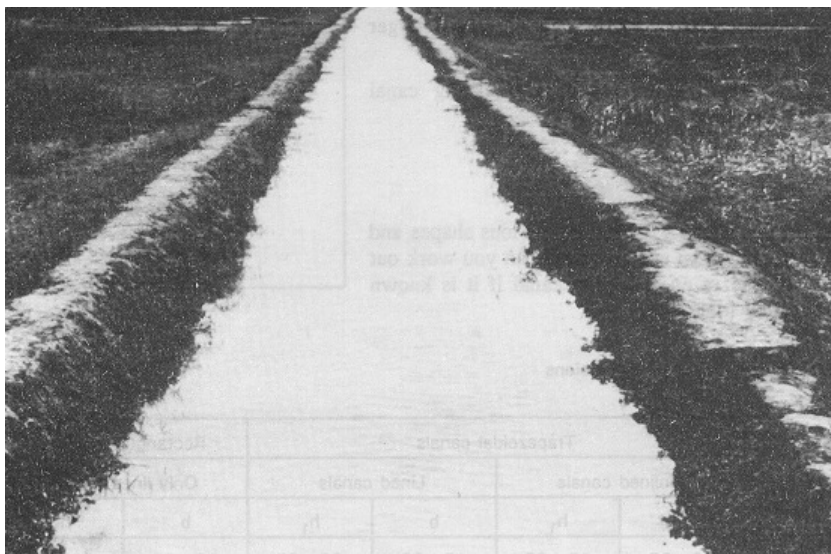


یک کانال زبربستر در شکل ۱۹ و یک کانال صاف و با شرایط نگه‌داری مناسب در شکل ۲۰ نشان داده شده است.



شکل ۱۹. زبری بستر کانال‌ها در با شرایط نامناسب نگه‌داری

اگر در کانال شکل ۲۰ هم اجازه‌ی رشد گیاه داده شود و بستر جریان در کانال نظیر نمونه‌ی



شکل ۲۰. زبری بستر کانال‌ها در با شرایط مناسب نگه‌داری

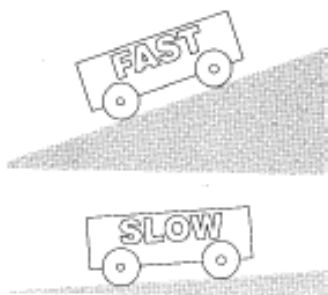
شکل ۱۹ زبر شود، گنجایش آن ممکن است تا ۴۰ درصد کاهش یابد. به عبارت دیگر، دبی تامین شده‌ی کانال تا ۴۰ درصد نسبت به گذشته کاهش خواهد یافت.

اگر بستر کانالی زبرتر گردد، سرعت جریان در کانال کاهش می‌یابد. با توجه به فرمول  $Q = A \times V$ ، واضح است که برای رسیدن به دبی مشابه در میانگین سرعت جریان کمتر، سطح مقطع خیس شده را باید افزایش داد. بنابراین، به دلیل کمتر شدن سرعت جریان، عمق آب افزایش خواهد یافت و کانال با خطر لبریز شدن مواجه خواهد شد.

### ۳.۳. شیب طولی

شیب طولی کانال هم بر گنجایش آن تاثیرگذار است. کانال‌های با شیب تندتر، جریان آب

را سریع‌تر هدایت می‌کنند، در نتیجه گنجایش بیشتری دارند (رجوع کنید به شکل ۲۱).



شکل ۲۱ دو کامیون را که به سمت پایین تپه‌ای سرازیر می‌شوند، نشان می‌دهد. یک تپه شیب تندتری دارد و دیگری تقریباً هموار است. بدیهی است شیب تندتر سرعت کامیون را افزایش می‌دهد. شیب طولی کانال معمولاً برحسب درصد (%)

شکل ۲۱. شیب طولی و سرعت

بیان می‌شود. وقتی تراز کف کانال به‌ازای ۱۰۰۰

متر طول، یک متر پایین رود، شیب کانال ۱:۱۰۰۰ است یا ۰/۱٪ است. به‌طور کلی، در طراحی اولیه کانال، شیب طولی بسته به موقعیت بین ۰/۰۵٪ و ۰/۱۵٪ در نظر گرفته می‌شود.

برای نمایش تاثیر شیب طولی بر گنجایش کانال، دو کانال با مقطع عرضی یکسان با هم مقایسه می‌شود: شیب یک کانال ۱۰٪ تندتر از کانال دیگر است. کانال با شیب ۱۰٪ تندتر، نسبت به کانال دیگر ۵٪ گنجایش بیشتر دارد (چرا؟).

البته، لازم به‌ذکر است که شیب کانال‌های از قبل احداث شده را اصولاً تندتر نمی‌کنند.

### ۳.۴. ابعاد کانال

برای انتقال یک دبی معین، شکل‌ها و اندازه‌های مختلفی از کانال‌ها را می‌توان مورد استفاده

قرار داد. لذا بدانستن گنجایش جریان یک کانال آبیاری چگونه می‌توان ابعاد آن را تعریف کرد؟

همان‌طور که در بخش ۳.۳ گفته شد، گنجایش یک کانال بر مبنای سطح مقطع خیس‌شده، زبری بستر و شیب طولی آن تعیین می‌شود. جدول ۱ مقادیر متناسب عرض بستر و عمق آب را برای حالت‌های مختلف به‌ازای مقادیر معلوم گنجایش کانال داده است. این جدول کلیه کانال‌های با مقطع عرضی دوزنقه‌ای شکل، اعم از پوشش‌یافته و بدون پوشش، و مقطع مستطیلی پوشش‌یافته را دربر می‌گیرد، و برای شیب‌های طولی بین  $\% 0.5$  و  $\% 15$ ، شیب جانبی  $1:2$  و  $1:1$  در کانال‌های فاقد پوشش و بین  $1:5$  و قائم در کانال‌های پوشش‌یافته معتبر است. به‌جهت وجود ترکیب‌های متعددی از شیب طولی، شیب جانبی و زبری بستر، از بسترهای صاف و شیب‌های عاری از پوشش گیاهی گرفته تا بستر زبر شده به‌دلیل رویش گیاهان، برای هر مقطع عرضی دامنه‌ای از تغییرات به‌ازای هر پارامتر ارائه شده است.

گنجایش کانال (Lit/s)	کانال‌های دوزنقه‌ای				کانال‌های مستطیلی	
	کانال فاقد پوشش		کانال‌های پوشش‌یافته		فقط کانال‌های پوشش‌یافته	
	b	$h_1$	b	$h_1$	b	$h_1$
۲۵	۲۰-۲۵	۱۵-۲۵	۱۵-۲۰	۲۰-۲۵	۲۰-۲۵	۲۵-۳۰
۵۰	۲۰-۳۰	۲۰-۳۰	۲۵-۳۰	۲۰-۲۵	۳۰-۳۵	۳۰-۳۵
۷۵	۲۵-۳۵	۲۵-۳۵	۲۵-۳۵	۲۵-۳۰	۳۵-۴۵	۳۵-۴۰
۱۰۰	۳۰-۳۵	۲۵-۴۰	۳۰-۳۵	۳۰-۳۵	۴۰-۴۵	۳۵-۴۵
۱۲۵	۳۰-۴۰	۳۰-۴۵	۳۰-۳۵	۳۰-۴۰	۴۵-۵۰	۴۰-۵۰
۱۵۰	۳۰-۴۵	۳۰-۴۵	۳۵-۴۰	۳۵-۴۰	۴۵-۵۰	۴۵-۵۵
۱۷۵	۳۵-۴۵	۳۵-۵۰	۳۵-۴۰	۳۵-۴۵	۵۰-۵۵	۴۵-۶۰
۲۰۰	۳۵-۵۰	۳۵-۵۵	۴۰-۴۵	۳۵-۴۵	۵۰-۶۰	۵۰-۶۰

جدول ۱. مقادیر متناسب عرض بستر و عمق کانال به‌ازای گنجایش‌های مختلف

حد پایین مقادیر عرض بستر  $b$  و عمق کانال  $h_1$  برای کانال‌هایی که شیب تندتری دارند (نزدیک به  $\% 15$ ) و یا تمیز و اصولی نگه‌داری می‌شوند معتبر بوده، و حد بالا برای کانال‌های هموارتر و پوشیده از رویش گیاهان قابل استفاده است.

این جدول نشان می‌دهد که برای مقادیر دبی مشابه، وقتی که کانال خوب نگهداری نشود (بستر زبر) یا شیب طولی هموار باشد کانال‌های بزرگتری باید در نظر گرفته شود و حتی اگر هر دو شرط حاکم باشد، ابعاد کانال باز هم افزایش می‌یابد. برای محاسبه‌ی دقیق ابعاد کانال، اطلاعات تفصیلی از شیب جانبی، شیب طولی و زبری بستر و کناره‌ها مورد نیاز است.



## فصل چهارم مسائل اساسی در شبکه‌ی کانال‌های آبیاری

### ۴. ۱. مقدمه

این فصل به مسائلی می‌نگرد که به‌طور متناوب شبکه‌های کانال‌های آبیاری مختلف با آن مواجه می‌شوند و برخی از آنها به تفصیل شرح داده شده است. بخش آخر این فصل نیز به ضرورت بازرسی‌های منظم سیستم می‌پردازد.

مشکلات اساسی که در شبکه‌های کانال‌های آبیاری مشاهده می‌شوند عبارتند از:

- ✦ محدودیت آب قابل استحصال از منابع تامین آب،
- ✦ مصرف زیاد آب در اراضی نزدیک به منابع آب که موجب کمبود آب در اراضی پایین‌دست طرح می‌شود،
- ✦ دست‌کاری غیرقانونی کانال‌ها و سازه‌ها،
- ✦ رسوب‌گذاری،
- ✦ رشد گیاهان،
- ✦ تلفات آب،
- ✦ لیریز شدن مکرر، و
- ✦ افت تراز آب ناشی از فرسایش کانال.

البته برخی از این مسائل، ممکن است ناشی از مدیریت و سازمان‌دهی نامطلوب نهادهای مسئول در ارتباط با طرح باشد.

طراحی و اجرای نامناسب هم می‌تواند در عملکرد نامطلوب کانال نقش داشته باشد. در چنین شرایطی آب حتی اگر به مقدار مورد نیاز طرح هم تامین گردد، ممکن است جریان آب، مازاد بر ظرفیت کانال بوده و از آن لبریز کند. همچنین ممکن است، تراز آب در یک کانال، نادرست تعیین شده باشد، و اگر آب خیلی کم باشد، ممکن است نتواند حتی به طور ثقلی وارد مزارع شود. سازه‌های آبی و پمپ‌ها باید نسبت به تامین کامل نیاز آبی مزارع بهره بردار کنترل شوند. اگر حداقل تراز ارتفاع آزاد مورد نیاز درست انتخاب نشود، کانال در نقاط حساس به سادگی سرریز خواهد نمود و اگر شیب کانال‌ها خیلی تند باشد، ممکن است سرعت زیاد جریان منجر به فرسایش کانال گردد.

وقتی که مصالح ساختمانی مناسبی هم تهیه نشود، کانال ممکن است فرو بریزد. فقدان برنامه‌ریزی مناسب برای نگه داری از شبکه ممکن است لطمات شدیدی وارد آورد که در فصل پنجم مورد بحث قرار گرفته است.

#### ۴. ۲. مسائل فنی

سه گزینه از مشکلات فوق‌الذکر که ماهیت فنی دارند، به تفصیل در ادامه شرح داده شده است: تلفات آب، سرریز (لبریز شدن)<sup>۱</sup> و فرسایش کانال<sup>۲</sup>.

#### ۴. ۲. ۱. تلفات آب

یک شبکه‌ی آبیاری که درست طراحی و اجرا شده است با حداقل مقدار تلفات، آب را از منبع تامین آن به مزارع کشاورزان انتقال می‌دهد. در غیر این صورت، تلفات قابل توجه آب رخ داده، و به‌طور جدی راندمان توزیع آب را کاهش می‌دهد. تلفات آب ممکن است به صورت نفوذ<sup>۳</sup>، نشست<sup>۴</sup> و یا ترکیبی از هر دوی آنها باشد.

#### نفوذ

آبی که از بستر و دیواره‌های کانال به داخل زمین نفوذ می‌کند، دیگر برای آبیاری قابل استفاده نخواهد بود. این مقدار که «تلفات نفوذ»<sup>۵</sup> نامیده می‌شود، در مناطقی که کانال از مصالح

---

1 - Overtopping

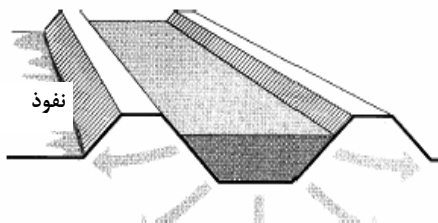
2 - Canal erosion

3 - Seepage

4 - Leakage

5 - Seepage loss

با نفوذپذیری زیاد ساخته می‌شود، قابل توجه خواهد بود: آب در خاک‌های شنی سریع نفوذ می‌کند اما نفوذپذیری خاک‌های رسی کم است، در نتیجه، کانال‌های حفر شده در خاک‌های شنی نسبت به کانال‌هایی که در خاک‌های رسی احداث می‌شوند، تلفات نفوذ بیشتری دارند. نتیجه‌ی نفوذ آب در دیواره‌های کانال، گاهی کاملاً محسوس است، به‌عنوان مثال مواقعی که زمین‌های مجاور کانال بسیار مرطوب می‌شوند و حتی گاه آب راکد نیز روی آن مشاهده می‌شود (شکل ۲۲).



تلفات نفوذ در بستر کانال، به‌سختی قابل‌درک است، چون آب فرو می‌رود و در نزدیکی سطح زمین قابل مشاهده نیست. نفوذ را می‌توان به روش‌های زیر

کاهش داد: **شکل ۲۲. کانال با آب نفوذ یافته در پنجه‌ی خاکریز کانال**

- ⊕ مسلح کردن کناره‌های کانال (رجوع کنید به بخش ۵.۳)، یا
- ⊕ عایق کردن یا پوشش بستر و کناره‌های کانال (رجوع کنید به فصل ششم).

#### نشت

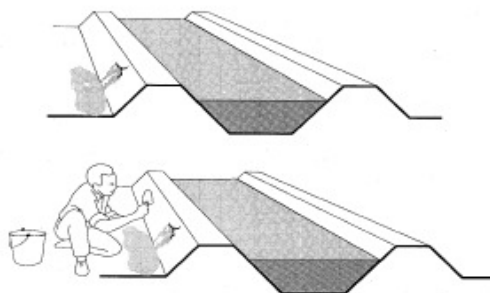
آب ممکن است هنگام آبیاری از طریق نشت هم تلف شود. این جریان آب همانند نفوذ نیست، بلکه آب از حفره‌های موضعی بزرگتر ایجادشده در بستر یا دیواره کانال خارج می‌شود.

مسیرهای نشت آب به‌روش‌های متعددی ممکن است ایجاد شده و توسعه یابند:

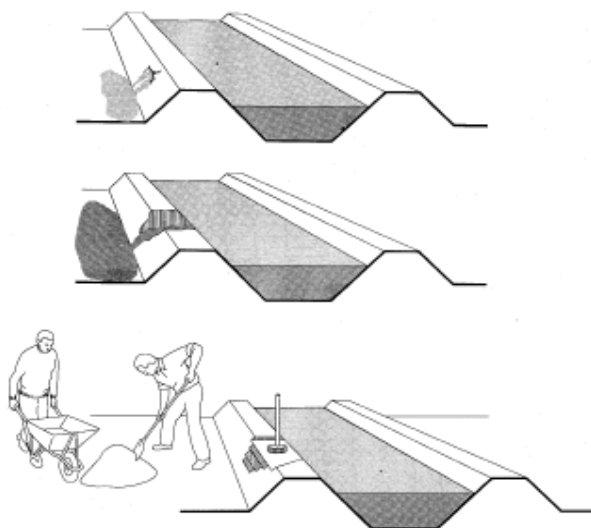
- ⊕ حفره‌های ایجاد شده توسط موش صحرائی یا موریانه در بستر یا کناره‌های کانال،
- ⊕ فرسایش یا آب‌شستگی کناره‌های کانال،
- ⊕ تونل‌های کوچکی که با نفوذ آب در یک بخش بد مترکم شده یا قسمت ماسه‌ای از یک دیواره‌ی کانال آغاز شده باشند،
- ⊕ نفوذ آب در اطراف سازه‌ها، که به نشت‌های شدید منجر می‌شوند،
- ⊕ دریچه‌هایی که کاملاً آب بندی نشده باشند،
- ⊕ محل پوشش کانال بتنی ترک خورده، یا درزهایی که کاملاً آب بندی نمی‌شوند، یا از بین پوشش با عایق‌های پلاستیک یا قطعات آسفالت.

نشت اغلب از یک اندازه کوچک شروع می‌شود، اما از لحظه‌ای که آب در خاکریز کانال راهی پیدا کند مسیر نشت گسترش خواهد یافت. اگر جریان نشت به‌موقع متوقف نشود، این تونل بزرگ‌تر شده، حتی دیواره‌ی کانال در چنین مواقع ممکن است در نتیجه آبشستگی فرو بریزد. در کانال‌های پوشش شده نیز، پی کانال ممکن است پس از مدتی از زیر فرسوده شده و کانال فرو بریزد.

از نشتی جدی می‌توان با بازدیدهای دوره‌ای از شبکه کانال‌ها و تعمیر سریع آن اجتناب نمود. هر چه یک حفره یا ترک مدت طولانی‌تری باقی بماند، رشد آن بیشتر شد. شکل ۲۳ و ۲۴ اقدام سریع برای صرفه‌جویی در هزینه و زمان را نشان می‌دهد.



شکل ۲۳. یک ترک در جداره‌ی کانال بلافاصله پس از مشاهده‌ی آن در حال تعمیر است.



شکل ۲۴. عواقب تاخیر در تعمیر نشت



در شکل ۲۳، یک حفره کوچک در دیواره‌ی کانال به محض رویت تعمیر می‌شود. اما در شکل ۲۴، هیچ توجهی به نشت نشده است، و بعد از چند هفته، بخشی از جداره‌ی کانال در نتیجه‌ی نشت مداوم آب شسته شده است. بدین سبب، زمان و هزینه‌ی بیشتری برای تعمیر کانال در این شرایط صرف می‌شود.

چگونگی تعمیر محل نشت در بخش ۵. ۴. شرح داده شده است.

#### ۴. ۲. ۲. سرریز (لبریز شدن) آب از کانال

آب در یک کانال ممکن است به دلایل ذیل به طور غیر منتظره سرریز نماید:

- ✦ جریان ورودی به آبرگیر کانال ممکن است بیش از گنجایش کانال باشد،
- ✦ موانعی نظیر سنگ، بلوک یا رستنی‌ها ممکن است مسیر آب را سد کنند،
- ✦ خروجی‌های کانال که باید باز باشد، ممکن است بسته شود.
- ✦ باران یا آب دیگری ممکن است به داخل کانال آبیاری تخلیه شود،
- ✦ کشاورزان ممکن است برای بالا بردن سطح آب، از بندهای موقت استفاده کنند.

اگر در برابر مسائل فوق، هیچ ترتیبی اتخاذ گردد، سطح آب می‌تواند به بالای دیواره‌های

کانال برسد و سرریز کند (رجوع کنید به شکل ۲۵).



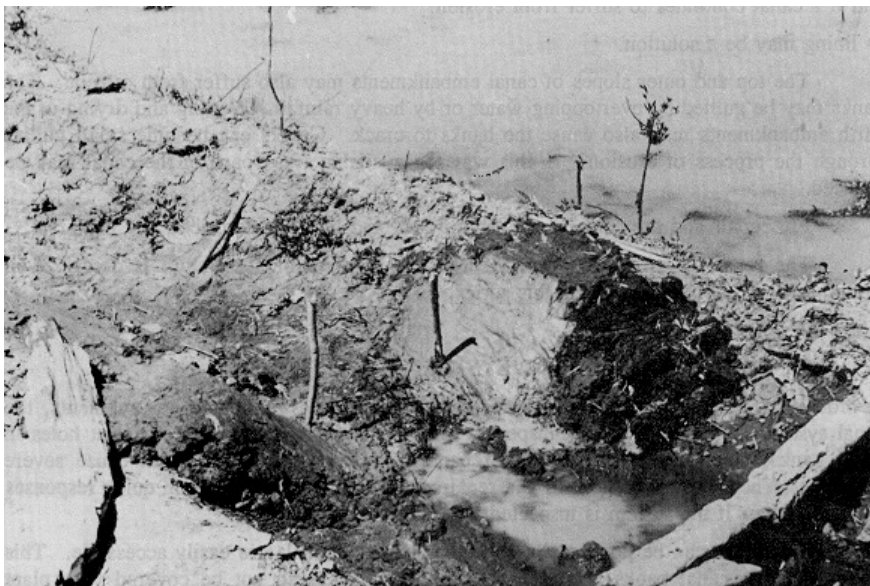
شکل ۲۵. سرریز آب از دیواره‌ی کانال

سرریز شدن آب سبب فرسایش دیواره‌های کانال می‌شود و ممکن است منجر به ایجاد شکاف‌های جدی شود. البته می‌توان با مدیریت عملکرد شبکه جلوی بروز این مشکل را گرفت. برای جلوگیری از لبریز شدن آب، که می‌تواند حتی در بهترین شبکه‌های آبیاری رخ دهد، شدت جریان باید محدود شود و ورودی‌ها فقط باید طبق زمان‌بندی برنامه‌ریزی شده بسته و باز شوند. می‌توان یک سرریز جانبی - که خروجی اضطراری نیز نامیده می‌شود- در دیواره‌ی کانال نصب نمود تا مازاد جریان بتواند بدون آسیب به کانال، تخلیه شود. به بخش ۵.۵ رجوع کنید.

#### ۴.۲.۳. فرسایش کانال

کناره‌ها و بستر یک کانال فاقد پوشش، گاهی اوقات به شدت در معرض آب‌شستگی قرار می‌گیرند. این فرآیند، فرسایش نامیده می‌شود. به‌ویژه خم‌های کانال و مقاطع پایین‌دست سازه‌ها مستعد فرسایش هستند، چون در این محل‌ها، هم سرعت موضعی جریان می‌تواند بسیار زیاد باشد و هم اینکه تغییرات ناگهانی جهت جریان تلاطم ایجاد کند.

شیب‌های جانبی داخلی کانال اگر خیلی تند باشند یا خوب متراکم نشده باشند، ممکن است دچار لغزش شوند. اگر سرعت جریان بیش از حد مجاز باشد، خاک در نتیجه‌ی جریان آب شسته خواهد شد و کانال فرسایش خواهد یافت.



شکل ۲۶. کانال فرسایش یافته

شکل ۲۶ یک کانال فرسایش یافته را نشان می‌دهد. مقطع عرضی اصلی و واقعی را می‌توان به وضوح مشاهده کرد. خاکریزها تخریب شده اند و سطح مقطع فاصله‌ی زیادی با قالب اصلی‌اش دارد و شکلی نامنظم پیدا کرده، دیواره‌های کانال کوچک‌تر و بستر عرض‌تر از قبل شده است. در نتیجه، به آب بیشتری نیاز است تا کانال پر شود و به تراز مورد نظر برسد، و خطر شکست دیواره‌های باریک‌تر را هم بیشتر تهدید می‌کند. وقتی خاکریز یک کانال یک‌پارچه‌گی خود را از دست بدهد، فرسایش می‌تواند منجر به نشت شود.

مسئله دیگر این است که؛ خاک فرسایش یافته در سازه‌های پایین دست مقطع فرسایش یافته کانال ته‌نشین خواهد شد که به این مشکل اصطلاحاً رسوب‌زایی گویند و ممکن است سبب

مصلح ساختمانی	شیب جانبی مجاز	سرعت جریان مجاز (m/s)
شن	۱:۳ (۱/۳)	۰/۴
لومی شنی	۱:۲ (۱/۲)	۰/۶
لومی رسی	۱:۱/۵ (۲/۳)	۰/۸
رس	۱:۱ (۱)	۱/۲
آجر	۱:۱/۵ قائم (۱/۵)	۰/۵
بتن	۱:۱/۵ قائم (۱/۵)	۲/۰

بروز نقص فنی سازه‌ها شود. همچنین انباشته شدن خاک فرسایش یافته در مقاطع کانال، منجر به کاهش گنجایش کانال شده، و سبب سرریز جریان آب از جداره کانال می‌شود. کانال‌های با درصد بالای ماسه، نسبت به فرسایش بسیار مستعد هستند. برای جلوگیری از فرسایش چنین کانال‌هایی، سرعت جریان باید بسیار پایین باشد و شیب‌های جانبی هموار شوند. با لحاظ این محدودیت‌ها، سرعت مجاز جریان و شیب جانبی متناسب با آن، در جدول ۲ ارائه شده است.

وقتی که سرعت جریان در کانال از سرعت مجاز بیشتر شود، نتیجه‌ی آن، فرسایش کانال بیش از مقادیر قابل‌پذیرش خواهد بود و وقتی که شیب‌های جانبی یک کانال تندتر از شیب‌های جانبی مجاز باشد، دیواره‌های کانال، ممکن است تخریب شوند.

این مقادیر مجاز به مصالحی که برای احداث کانال استفاده شده است، بستگی دارند. سرعت جریان در کانال ساخته شده از خاک رس می‌تواند بیش از سرعت جریان در کانال ساخته‌شده از مصالح ماسه‌ای باشد. به همیت ترتیب، شیب دیواره‌های یک کانال رسی نیز می‌تواند تندتر از دیواره‌های یک کانال ماسه‌ای باشد.

از فرسایش آبی می‌توان به روش‌های ذیل جلوگیری کرد:

- ⊕ کاهش سرعت جریان و
- ⊕ پایدارتر کردن شیب دیواره‌های داخلی کانال،
- و اگر یک کانال در معرض خطر جدی فرسایش است:
- ⊕ پوشش کانال می‌تواند یک راه حل باشد.

شیب‌های فوقانی و خارجی خاکریز کانال نیز ممکن است از فرسایش آسیب ببینند. دیواره‌ها ممکن است در نتیجه سرریز آب یا با بارش سنگین باران کنده شوند. تر و خشک شدن متناوب خاکریز کانال نیز ممکن است سبب ایجاد درز و شکاف در کناره‌ها شود. این ترک‌ها در نتیجهی فرآیند فرسایش، می‌توانند تبدیل به خندق‌های کوچکی شوند. به همین ترتیب، ارتفاع آزاد آب در کانال ممکن است کاهش یابد.

#### ۳.۴. بازرسی و بازبینی شبکه‌ی کانال



شکل ۲۷. پوشش گیاهی انبوه بازرسی کانال را مشکل کرده است

به منظور پیش‌گیری از بروز مسائل عمده‌ای نظیر نشست و تخریب خاکریزها، شبکه‌ی کانال باید به‌طور منظم، در سراسر فصل آبیاری بازبینی شود. حفره‌های ایجاد شده توسط جوندگان در دیواره‌های کانال، نشتی‌های کوچک، فرسایش کانال‌ها و بروز ترک در پوشش کانال‌ها می‌تواند سبب ایجاد مخاطرات جدی شود و بایستی هرچه سریع‌تر مورد توجه واقع شده و تعمیر شود. چنین واکنش‌های به‌موقع و سریعی تنها زمانی رخ می‌دهند که شبکه کانال‌ها به‌طور متناوب و دوره‌ای بازبینی و بازرسی شود.

اگر شرایط دسترسی به کانال‌ها فراهم باشد، بازبینی و بازرسی می‌تواند به سهولت و به موقع انجام پذیرد. این بدین معنی است که در کنار

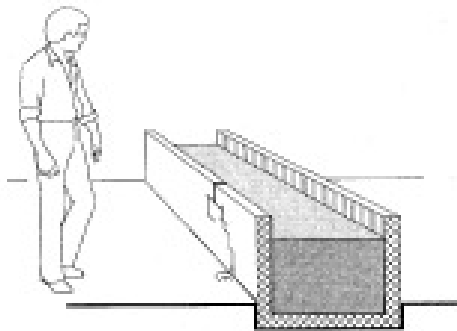
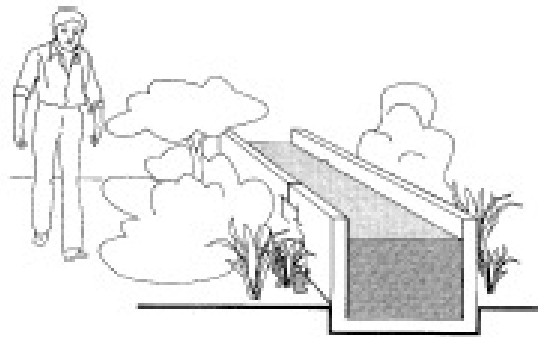
دیواره‌های کانال باید گذرگاه مناسبی وجود داشته باشد که با رشد پوشش گیاهی مسدود نشده باشد. رجوع کنید به شکل‌های ۲۷ و ۲۸.

چه کسی شبکه کانال را بررسی و بازبینی می کند؟

شبکه‌های آبیاری کوچک معمولاً به‌وسیله خود کشاورزان انجام شده و از طریق کمیته‌های آبیاری مدیریت می‌شوند. آنها می‌توانند در مسیر رفت و آمد روزانه‌شان به مزارع به بازبینی و بازرسی روزانه کانال‌ها بپردازند.

در طرح‌های بزرگ‌تر، بازبینی کانال‌های کوچک‌تر درجه سه می‌تواند به‌صورت روزانه و توسط کشاورزان بهره‌بردار از کانال انجام شود. اما بازبینی کانال‌های درجه‌ی یک و دو در طرح‌های بزرگ‌تر باید به‌شکلی رسمی و با برنامه‌ریزی مدون توسط کمیته‌های آبیاری سازماندهی شود.

هر کسی که از یک کانال بازبینی نموده و وضعی را در شبکه می‌یابد باید کمیته‌ی آبیاری را در حداقل زمان ممکن مطلع سازد تا این کمیته نسبت به تعمیر فوری اقدام کند.



شکل ۲۸. پاک‌سازی خاکریزها شرطی اساسی برای بررسی و بازبینی سریع محسوب می‌شود.



## فصل پنجم اقدامات لازم برای مرمت و نگهداری کانالها

### ۵. ۱. مقدمه

این فصل شرح می‌دهد چرا و چطور شبکه‌ی کانال‌های آبیاری باید نگه‌داری شود. همچنین نگاهی شده است به برخی از مهمترین روش‌های مرمت کانال‌ها. عملکرد شبکه کانال‌های آبیاری تنها به چگونگی کارکرد شبکه بستگی ندارد، بلکه به شرایط کانال‌ها نیز بستگی دارد. عملکرد کانال‌های آبیاری در درازمدت خوب خواهد بود، اگر تمیز نگه داشته شوند و مشکل نشت نداشته نباشند و اگر به شبکه‌ی کانال‌ها بی‌توجهی شود، ممکن است موجب رشد علف‌ها در آن شود، احتمال مشکل رسوب‌گذاری نیز وجود خواهد داشت و حتی بدتر آن که کانال به خاطر مشکل نشت صدمه ببیند.

رشد گیاه و رسوب‌گذاری در کانال، علاوه بر این که مانع حرکت جریان می‌شود، سطح مقطع عرضی کانال را نیز کاهش می‌دهد. در نتیجه، گنجایش کانال کاهش می‌یابد (رجوع کنید به بخش ۳.۳). کاهش گنجایش کانال منجر به سرریز و تلف شدن آب و کاهش حجم آب زراعی تامین شده می‌گردد. بنابراین با تلفات نفوذ و نشت در مسیر یک کانال، میزان آب قابل دسترسی کاهش خواهد یافت. برای مصون نگه‌داشتن شبکه از چنین مشکلاتی، کانال‌ها باید بر اساس یک سیستم منظم و برنامه‌ریزی شده نگه‌داری شوند.

رقت کانال‌های درجه سه و کوچک‌تر نیستند که به عملیات نگه‌داری احتیاج دارند بلکه این ضرورت شامل کانال درجه یک و دو نیز می‌شود که در برخی مواقع، دورتر از زمین‌های زراعی

کشاورزان واقع می‌شوند و این مساله از مهمترین پاسخ‌های این پرسش است که چرا کشاورزان به نگهداری از آنها علاقه ای نشان نمی‌دهند؟! با این همه، چون کانال‌های کوچک‌تر از کانال‌های بزرگ‌تر آب می‌گیرند، پس نگهداری از کانال‌های بزرگ‌تر برای کارکرد صحیح کل شبکه از اهمیت حیاتی برخوردار است.

حتی زمانی که یک کانال به خوبی نگهداری می‌شود، باز هم ممکن است مشکلات جدی به وجود آید. چنین مشکلاتی با مرمت یا بهسازی کانال‌ها حل شود. عملیات مرمت معمولاً بسته به شدت مساله، باید در حداقل زمان ممکن انجام پذیرد. بخشی از مراحل بهسازی کانال‌ها مثل پوشش مقاطع کانال، ممکن است تا پایان فصل آبیاری به تعویق بیافتد؛ یعنی، زمانی که کانال‌ها خشک باشند و کشاورزان وقت بیشتری در اختیار داشته باشند.

پس از آنکه در یک گشت بازرسی مشکلی جدی کشف شد، گروهی از کارگران یا کشاورزان، باید در کمترین زمان ممکن، برای مرمت کانال آماده باشند. چنین تیمی باید در آغاز فصل آبیاری تشکیل شود تا در مورد مواقع اضطراری آماده فراخوانی باشند. به تیم مشابهی نیز ممکن است نیاز باشد تا عملیات بهسازی را انجام دهند و حتی اگر ضرورت ایجاب کند، از خدمات پیمانکاری استفاده شود.

## ۵. ۲. نگهداری کانال‌ها

یک برنامه نگهداری خوب می‌تواند عمر مفید کانال‌ها را افزایش دهد. باید برنامه‌ای جامع و منظم برای نگهداری کانال‌ها تهیه شود. معمولاً عملیات مربوط به نگهداری از شبکه کانال‌های آبیاری در بین دو فصل آبیاری، یا در زمان‌هایی که نیاز به آب زراعی کم باشد انجام می‌گیرد. این فرآیند شامل پاک کردن، علف‌کشی، رسوب‌زدایی از کانال، شکل‌دهی مجدد و مرمت و بازسازی جزئی کانال‌ها می‌باشد.

⊕ بوته‌ها یا درختچه‌های روی خاکریزها باید از بین بروند. این بوته‌ها ممکن است مسیر جریان آب را بند آورده، و ریشه‌های‌شان در دیواره‌ها نفوذ کرده، موجب گسیختگی خاک متراکم شده شود و نهایتاً نشت کانال‌ها را افزایش دهد.

⊕ رستنی‌ها، رسوبات و آشغال‌ها بایستی دفع شوند. هنگام تمیز کردن بستر کانال، باید دقت شود که شکل اصلی مقطع عرضی کانال حفظ شود. برای این منظور یک قاب

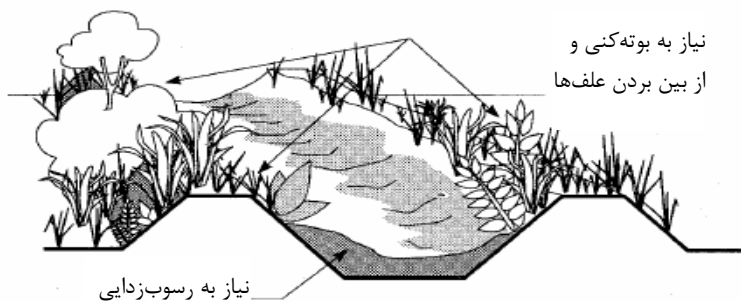
چوبی (شابلون) یا قالبی با ابعادی دقیق از مقطع عرضی کانال، وقتی که تمیز شده است، می‌تواند کمک بزرگی باشد ( رجوع کنید به بخش ۵.۶.۱).

✚ منافذ و سوراخ‌هایی که توسط جوندگان در خاکریزها ایجاد می‌شود، باید با خاک متراکم پر شوند. این مساله برای قسمت داخلی خاکریز نیز همانند بیرون آن صادق است. برای متراکم نمودن خاک، قبلا باید آن را به اندازه‌ی کافی مرطوب نمود.

✚ مقاطع سست یا مقطعی از خاکریزهای کانال که محل تردد انسان‌ها یا احشام است، باید با استفاده از خاک متراکم شده و یا با آجر مقاوم‌سازی گردد.

✚ مقاطع فرسایش یافته‌ی کانال باید به شکل اولیه آن بازسازی شود.

رجوع کنید به شکل‌های ۲۹ و ۳۰.



شکل ۲۹. علف‌کنی، پاک‌سازی و رسوب‌زدایی از کانال



شکل ۳۰. بستر کانال کاملا پوشیده شده است.



برای عملیات نگهداری لازم است کشاورزان را سازمان‌دهی نموده و آنها را نیز در اینگونه فعالیت‌ها درگیر نماییم .



شکل ۳۱. عملیات مربوط به نگهداری کانال‌ها

### ۳.۵. کاهش تلفات نفوذ

کل یا قسمت‌هایی از دیواره‌ی کانال ممکن است نسبت به آب شدیداً نفوذپذیر باشد. آبی که از دیواره‌ها نفوذ می‌کند هم جزء تلفات آب آبیاری محسوب می‌شود و هم ممکن است زمین‌ها و جاده‌های اطراف کانال را غرقاب نماید.

دو راه‌حل برای غلبه بر مشکل نفوذ وجود دارد:

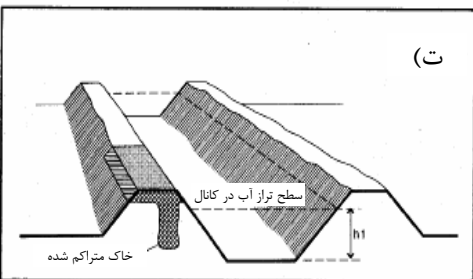
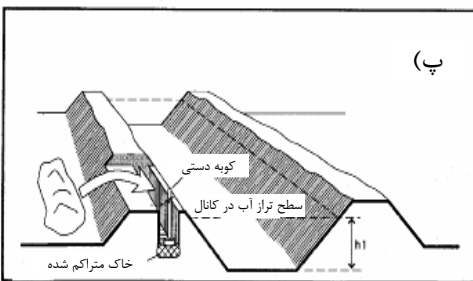
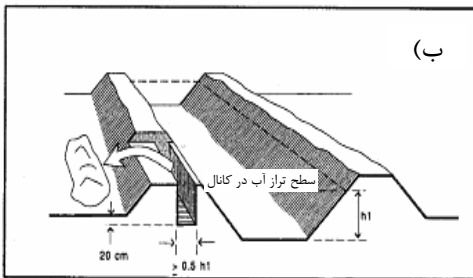
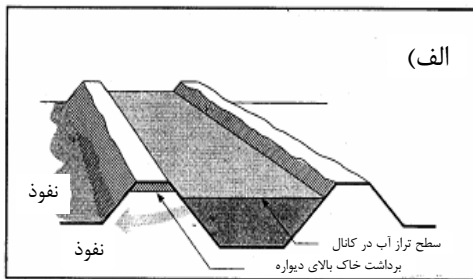
➤ کاهش نفوذپذیری جداره‌های کانال‌ها،

➤ پوشش کانال‌ها.

پیشنهاد دوم یعنی پوشش کانال‌ها، در فصل ششم شرح داده خواهد شد.

### کاهش نفوذپذیری یک دیواره‌ی کانال

نفوذپذیری دیواره‌ی یک کانال را می‌توان با متراکم کردن بخش مرکزی یا هسته‌ی خاکریز کاهش داد. ابتدا هسته‌ی خاکریز با کندن یک ترانشه باریک حفاری می‌شود و سپس این قسمت حفاری شده با لایه‌های خاک جایگزین و هر لایه متراکم می‌گردد. هسته‌ی متراکم شده باید تا سطح تراز آب امتداد یابد.



مراحل این فرآیند بدین شرح است:  
گام اول: گیاهانی که روی و بالای دیواره  
کانال روئیده‌اند، کنده شوند (شکل ۳۲-الف).  
گام دوم: یک ترانشه باریک نزدیک  
وجه داخلی دیواره‌ی کانال حفر شود.

این ترانشه در مقطع تراوای کانال کنده  
می‌شود. عرض ترانشه باید حداقل  $0/5$  برابر  
عمق آب در کانال باشد. بخش زیرین این  
ترانشه باید تقریباً ۲۰ سانتی متر زیر تراز  
سطح زمین مجاور باشد (شکل ۳۲-ب).  
گام سوم: زیر ترانشه را با یک کوبه  
دستی کوبیده، و در هر لایه از این ترانشه‌ی  
متراکم شده حدود ۵ تا ۱۰ سانتی متر خاک  
ریخته شود. در هنگام عمل تراکم، خاک  
باید مرطوب باشد.

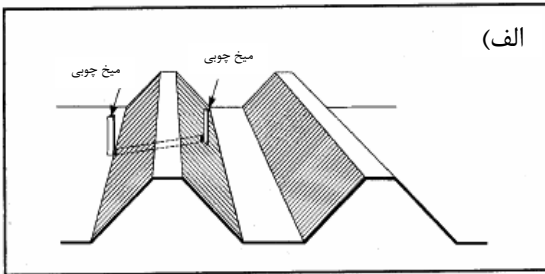
وقتی مصالح خاکبرداری شده نسبتاً  
شنی باشند، هسته‌ی کانال را باید با مصالح  
دیگری پر نموده که رس بیشتری داشته  
باشد. هر لایه مرطوب شده و سپس خاک  
مرطوب، متراکم می‌گردد. البته در مرطوب  
کردن خاک به این نکته هم باید توجه کرد  
که توده‌ی خاک با دریافت رطوبت از هم  
می‌پاشد در حالی که در خاک خشک این  
اتفاق رخ نخواهد داد (شکل ۳۲-پ).

گام ۴: ترانشه‌ها تا رسیدن به بالای  
دیواره پر و متراکم شود (شکل ۳۲-ت).

شکل ۳۲. الف) آماده‌سازی برای تراکم هسته  
ب) حفاری یک ترانشه باریک  
پ) پر کردن مجدد ترانشه‌ها و تراکم هر لایه  
ت) دیواره‌ی کانال با هسته متراکم شده

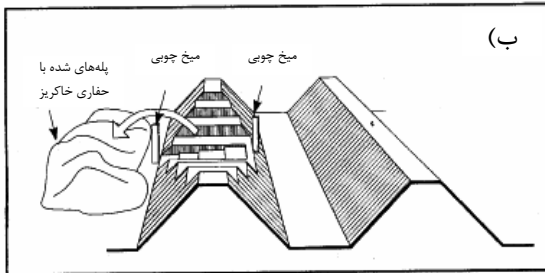
## ۵. ۴. مرمت نشت

اغلب کانال های آبیاری با مشکل نشت یا تراوش مواجه هستند. آب در حال نشت از یک سوراخ یا ترک در دیواره ی کانال، به سادگی قابل رویت است، چون اراضی مجاور این کانال ها خیس می شوند، اما مشاهده سوراخ یا شکاف مسبب نشت کار بسیار سختی است، مگر این که کانال خشک شده، و بستر با دقت بسیار زیادی بررسی شود.

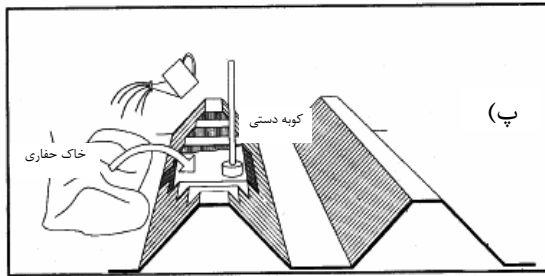


بعد از اینکه چنین مسیرهای نشتی مشاهده شد فوراً باید آنها را بازسازی نمود. فرآیند مرمت یک نشت به شرح زیر است.

گام اول: کانال ابتدا تخلیه و محل نشت با میخ های چوبی نشانه گذاری می شوند. این میخ ها باید در محل آغاز نشت، در بستر کانال و در محل خروجی نشتی، در دیواره ی بیرونی قرار گیرند (شکل ۳۳- الف).



گام دوم: علف ها کنده شده و از کانال دور شوند. دیواره ی کانال را تا دقیقاً زیر و کناره های محل نشت به خوبی می کنیم. دیواره ای که نشت می کند به صورت پلکانی کنده می شود، به طوری که کوچک ترین پله دقیقاً در زیر محل نشت قرار گیرد (شکل ۳۳- ب).



شکل ۳۳. الف) نشانه گذاری حدود محل نشت  
ب) حفاری دیواره ی کانال در زیر و کناره ی محل نشت  
پ) پر کردن لایه ها و متراکم نمودن خاک مرطوب

گام سوم: دیواره‌ی کانال، با پر کردن آن از خاک مرطوب و کاملاً متراکم شده بازسازی می‌شود (شکل ۳۳- پ).

برای کانال‌های پوشش یافته (غیرفرسایشی)، روش مشابهی نظیر فرآیند فوق‌الذکر را می‌توان دنبال نمود، اما با یک تفاوت؛ قبل از اینکه دیواره‌ی کانال حفاری شود بخشی از پوشش کانال باید برداشته شود. بعد از پر کردن و متراکم کردن خاک دیواره، پوشش داخلی کانال باید دوباره اجرا شود.

تذکر ۱: مرمت یک ترک در پوشش کانال به‌تنهایی کافی نیست. وقتی پوشش در نتیجه نشت آب با مخاطره جدی مواجه گردد، به‌سرعت سوراخ یا ترک‌های تازه در آن ظاهر می‌شود. تذکر ۲: درزهای بین مقاطع پوشش یافته‌ی کانال باید به‌شکل دوره‌ای عایق‌بندی گردد تا از بروز مشکل نشت جلوگیری شود.

## ۵.۵. چگونگی جلوگیری از سرریز شدن کانال

سرریز شدن مقطعی از کانال به سبب دبی مازاد بر گنجایش واقعی کانال در آن مقطع اتفاق می‌افتد. دیواره‌هایی که بطور متناوب سرریز می‌کنند به‌شدت فرسایش یافته و کوتاه‌تر هستند، و در نتیجه، دبی عبوری از آن کمتر از دبی خواهد بود که کانال برای آن طراحی شده است. از مشکل سرریز کانال به دو طریق می‌توان جلوگیری کرد:

⊕ کاهش دبی،

⊕ افزایش گنجایش کانال.

برای راه حل اول توضیح خاصی وجود ندارد، و بنابراین راه حل دوم که منجر به تثبیت مجدد گنجایش کانال می‌شود در ادامه شرح داده شده است.

روش تثبیت مجدد گنجایش کانال از طریق بازسازی دیواره‌های آن بدین شرح است:

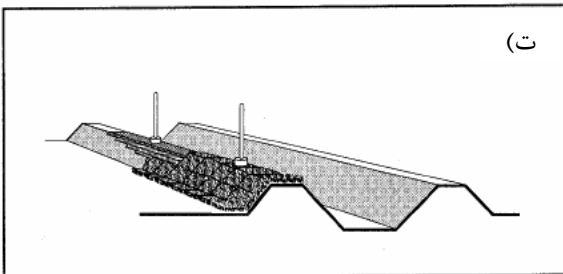
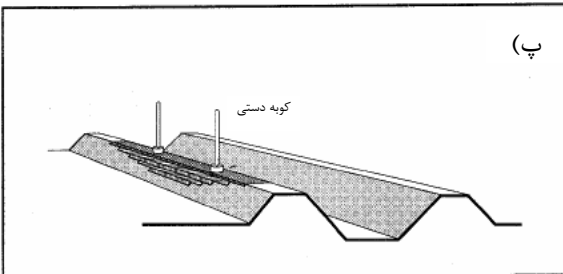
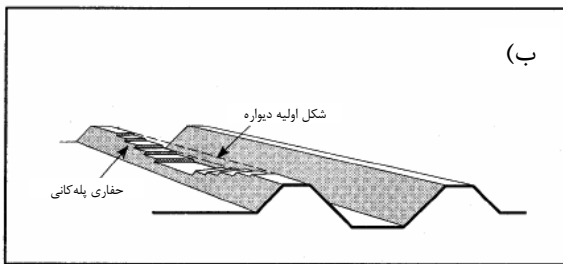
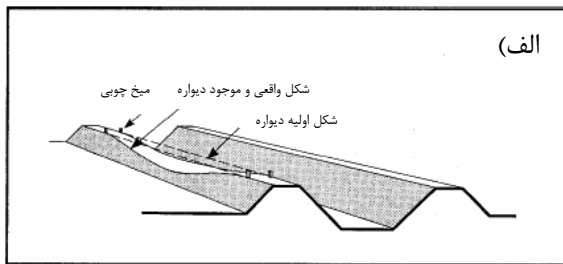
گام اول: رستنی‌ها، اگر وجود دارند، از بین برده شوند.

میخ‌های چوبی در دو طرف مقطع مورد نظر کوبیده شود. (شکل ۳۴- الف) (با این میخ‌ها

و یک ریسمان کار، تراز بودن سطح مقطع را می‌توان کنترل کرد).

گام دوم: راس و کناره‌های دیواره کانال به‌صورت پلکانی درآورده شود. (شکل ۳۴- ب)

گام سوم: دیواره‌ی کانال، با پر کردن قسمت‌های حفاری شده از خاک رس مرمت گردد.



شکل ۳۴. الف) مقطع تقلیل یافته دیواره‌ی کانال

ب) حفاری پله‌کانی دیواره

پ) پر کردن مجدد و تراکم هر لایه در شرایط مرطوب

ت) پایان کار دیواره و علف‌پوشانی وقتی به حد راس کانال رسانده شد.

ضخامت لایه‌های خاکریزی ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شده، و خاک در شرایط مرطوب متراکم شود (شکل ۳۴- پ).

در هنگام بالا بردن خاکریز، به‌طور منظم رقوم تراز کنترل شود.

گام چهارم: کناره‌های کانال را مرتب نموده و وقتی که دیواره به راس کانال رسانده شد، روی آن با لایه‌ای از چمن کاملاً پوشانده شود (شکل ۳۴- ت).

وقتی که جلوگیری از بالا آمدن سطح آب عملاً غیرممکن است بهتر است یک خروجی اضطراری یا سرریز تخلیه‌جانبی در محل اجرا شود. یک خروجی

اضطراری شامل یک مقطع تقلیل‌یافته و حفاظت‌شده از خاکریز کانال و یک دهانه‌ی خروجی حفاظت‌شده برای زهکشی سیستم است. چنین

ساختاری به آب اجازه می‌دهد که وارد سیستم زهکشی شود، بدون آنکه به دیواره‌ها آسیبی برساند.

رقوم ارتفاعی و طول این سازه باید به قدری باشد که مازاد دبی را با درجه‌ای از اطمینان تخلیه کرد که تراز آب از بالاترین کد ارتفاعی مجاز آب (تراز ارتفاع آزاد) بالاتر نرود. شکل ۳۵ یک خروجی اضطراری را نشان می‌دهد. تراز آب از تاج خروجی اضطراری پایین تر است. برای طراحی و نصب یک خروجی اضطراری حتما باید از مشاوره‌ی مهندسان متخصص استفاده کرد.



شکل ۳۵. خروجی اضطراری

## ۵. ۶. مرمت کانال و پیش‌گیری از فرسایش

### ۵. ۶. ۱. مرمت

یک کانال یا خاکریز کانال فرسایش‌یافته لازم است در همان زمان مجدداً شکل‌دهی گردد. در ادامه مباحث این فصل، ابتدا بازسازی کانال فرسایش‌یافته و سپس تعمیر چاله‌ها و ترک‌هایی که در خاکریز کانال فرسایش‌یافته پدید می‌آیند، شرح داده شده است.

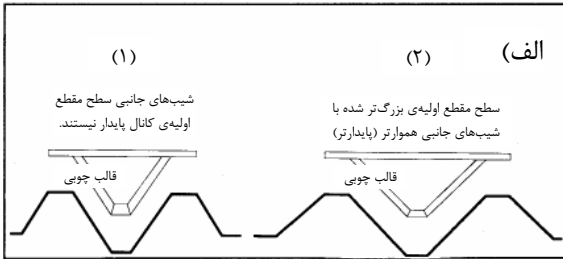
### شکل‌دهی مجدد یک مقطع عرضی فرسایش‌یافته

شکل‌دهی مجدد و تعریض مقطع عرضی فرسایش‌یافته شامل مراحل زیر است:

گام اول: یک قالب چوبی بسازید .

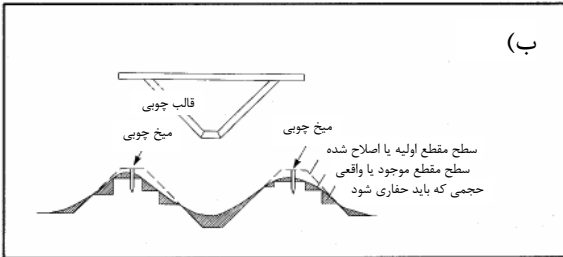
اگر شیب‌های جانبی اولیه‌ی بسیار تند ساخته شده و نتیجتاً ناپایدار باشند، قالب چوبی باید طوری ساخته شوند که شیب‌های جانبی جدید ملایم‌تر باشند. بنابراین پهنای راس کانال بیشتر

خواهد شد درحالی که عرض بستر کانال به همان اندازه باقی خواهد ماند. باید دقت شود که پهنای

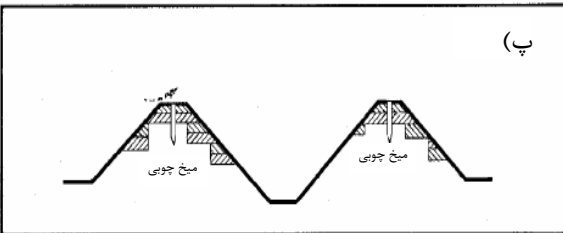


تاج دیواره‌ی کانال بیش از حد باریک نشود (شکل ۳۶- الف).

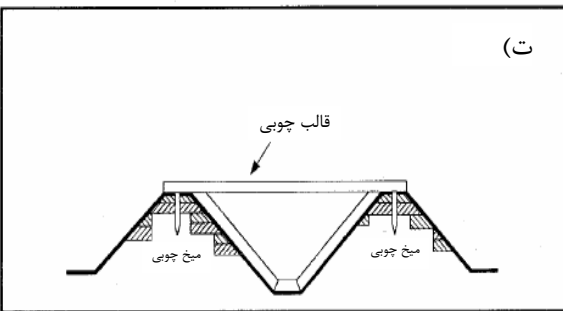
گام دوم: باید چندین بار روی میخ‌های نشانه کوبیده شود تا تراز اولیه‌ی دیواره‌ها روی هر کناره‌ی کانال مشخص شود. بستر



و کناره‌های مقطع فرسایش یافته، تا وقتی که با یک شیب ملایم به زیر تراز واقعی بستر برسد، به صورت پله‌کافی کننده شود. به گونه‌ای که خاک جدید طوری جایگزین گردد که تماس بهتری با سطح زمین در رقوم اولیه داشته باشد (شکل ۳۶- ب).



گام سوم: دیواره با خاک مرطوب لایه به لایه پر و فشرده شود و شکل دهی نهائی نیز با استفاده از قالب انجام گیرد. هر لایه‌ای که متراکم شد نباید ضخامت آن بیشتر از ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر باشد (شکل ۳۶- پ).

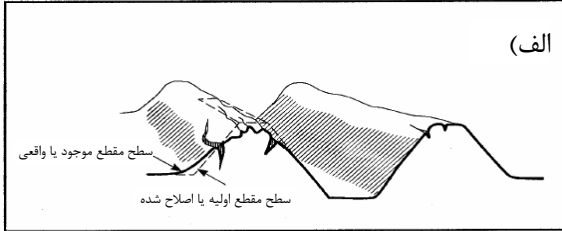


گام چهارم: مقطع عرضی و رقوم دیواره نسبت به قالب و میخ‌های نشانه گذاری کنترل شود (شکل ۳۶- ت).

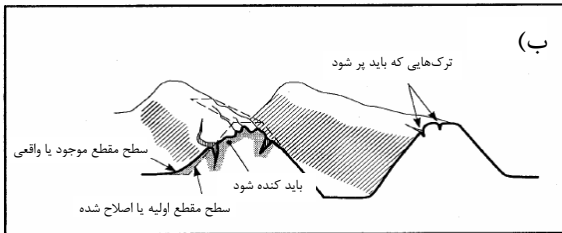
شکل ۳۶. الف) (۱) قالب برای یک سطح مقطع مشخص  
 (۲) سطح مقطع با شیب‌های جانبی ملایم‌تر  
 ب) استفاده از قالب برای تنظیم پروفیل در مرمت مقطع عرضی  
 پ) مرمت دیواره‌ها با تراکم لایه‌های خاک مرطوب  
 ت) کنترل سطح مقطع و رقوم ارتفاعی قسمت مرمت شده با استفاده از قالب و میخ‌های نشانه گذاری

## مرمت ترک‌ها و چاله‌های خاکریز یک کانال

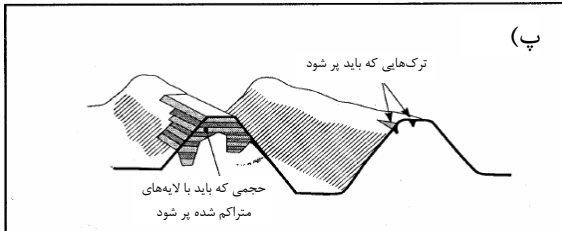
مرمت ترک‌ها و چاله‌ها را با تحقق مراحل ذیل می‌توان انجام داد:



گام اول: هر گیاهی که روی دیواره‌ها ترکی ایجاد کرده، و یا در چاله‌های کوچک ناشی از سرریز شدن آب یا ریزش سنگین باران، روئیده باید از بین برده شود (شکل ۳۷- الف).



گام دوم: در مورد شکاف‌ها و چاله‌های عمیق، تا حدی از دیواره را بکنید. شکاف‌های کوچک باید با خاک خوب دانه‌بندی شده مرطوب و متراکم پر شوند (شکل ۳۷- ب).



گام سوم: دیواره را با لایه‌لایه پر کردن از خاک مرطوب و متراکم بازسازی کنید (شکل ۳۷- پ).

شکل ۳۷. الف) شناسایی ترک‌ها و چاله‌هایی که باید مرمت شوند.

ب) کندن سطوح ضعیف‌شده

پ) تعمیر کردن با لایه‌های خاک مرطوب متراکم شده

## ۵. ۶. ۲. جلوگیری از فرسایش

با هر یک از روش‌های زیر می‌توان از فرسایش یک کانال آبیاری جلوگیری کرد:

⊕ کاهش سرعت جریان،

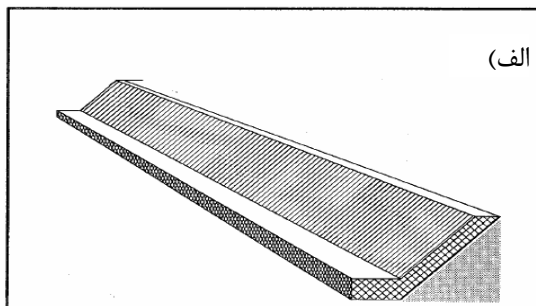
⊕ پوشش کانال.

### کاهش سرعت جریان

سرعت جریان را در کانال می‌توان از طریق کم کردن شیب بستر کاهش داد. معمولاً شیب بستر کانال تابع شرایط اراضی منطقه می‌باشد که ممکن است شیبی داشته، که برای یک کانال

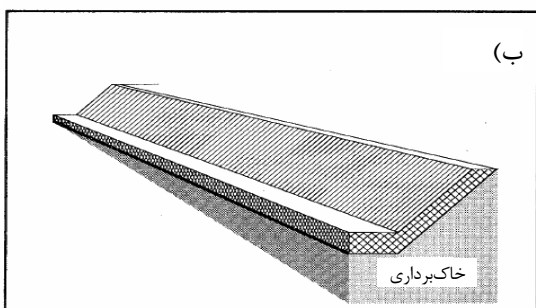


بسیار تند باشد. برای پیش‌گیری از تندی بیش از حد شیب بستر کانال در مناطق شیب‌دار، می‌توان در مراحل عملیات خاکی دوره‌ی ساخت کانال، با خاک‌برداری و خاک‌ریزی<sup>۱</sup> شیب



(الف)

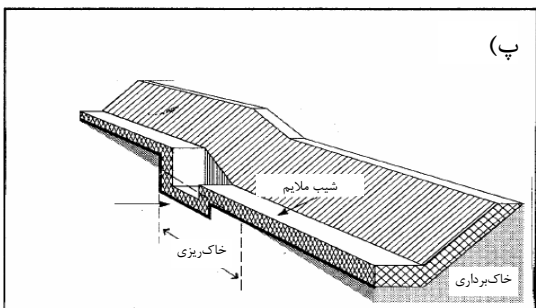
کانال را اصلاح کرد. البته این فرآیند مستلزم جابجایی حجم زیادی از خاک است. جابجایی زیاد حجم خاک حین عملیات خاک‌برداری و خاک‌ریزی را می‌توان با احداث سازه‌ای به‌نام شیب‌شکن<sup>۲</sup> کاهش داد.



(ب)

وظیفه چنین سازه‌ای این است که بین مقاطعی از کانال که رقوم ارتفاعی متفاوتی دارند، اتصال برقرار کند.

رجوع کنید به شکل‌های (۳۸-الف تا پ).



(پ)

وقتی شیب یک کانال با نصب شیب‌شکن‌ها کاهش یابد، سرعت جریان نیز نسبت به قبل کم‌تر خواهد شد. لذا برای آنکه گنجایش کانال ثابت بماند، مقطع عرضی بزرگ‌تری باید ساخته شود. شکل (۳۸-الف) مقطعی از کانال را نشان می‌دهد که شیب طولی آن همان شیب عمومی

زمین است. بنابراین سرعت جریان در کانال از سرعت مجاز بیشتر است، لذا

شکل ۳۸. الف) کانالی با شیب تند که باید شیب آن اصلاح شود.

ب) کاهش شیب کانال با خاک‌برداری

پ) کاهش شیب کانال با استفاده از سازه‌ی تنداب

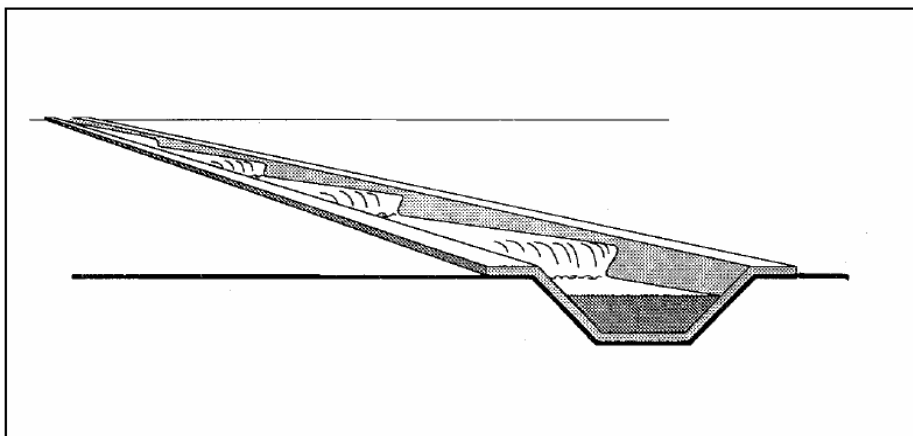
موجب فرسایش کانال می‌گردد. شکل (۳۸-ب) قسمتی از کانال را نشان می‌دهد که در آن با

1 - Cut & Fill

2 - Drop Structures

اصلاح شیب طولی از طریق خاکبرداری و خاکریزی در طی مراحل ساخت شیب هموارتری به دست آمده است. اما در این مورد حجم زیادی خاک باید جابجا شود تا شیب بستر کانال تا حدی که دیگر فرسایش نتواند مشکل چندانی ایجاد کند، حاصل شود. مقدار حجم عملیات خاکی، هر اندازه که اختلاف بین شیب طبیعی زمین و شیب کانال بیشتر باشد، افزایش می یابد. شکل (۳۸- پ) مقطعی از کانال را با همان شیب کلی مقطع شکل (۳۸- ب) نشان می دهد. اما حجم خاک جابجا شده در این مورد، کمتر از شکل (۳۸- ب) می باشد، ولی هزینه ساخت سازه‌ی شیب‌شکن، موردی است که باید در نظر گرفته شود.

البته، کار آسانی نیست که کانال موجود را به منظور اصلاح شیب بستر آن بازسازی کنیم. در چنین مواردی، شاید فرار دادن مجموعه‌ای از سازه‌های تنظیم آب<sup>۱</sup> در کانال به منظور کاهش سرعت جریان ممکن باشد، نظیر آنچه که در شکل ۳۹ می توان مشاهده کرد.



شکل ۳۹. مجموعه‌ای از سازه‌های تنظیم آب در یک کانال شیب‌دار با شیب تند

در چنین مواقعی بهتر است با یک مهندس مجری یا طراح سازه‌های هیدرولیکی (به‌ویژه صاحب نظر در خصوص سازه‌های تندابی یا تنظیم جریان) مشورت کرد.

### پوشش کانال

مقاطععی از کانال که در نتیجه جریان سریع آب فرسوده می شوند را می توان پوشش داد.

✚ سرعت مجاز جریان آب در یک کانال پوشش یافته می تواند بالاتر از کانال بدون پوشش متناظر با آن باشد. بنابراین را شیب کانال می توان تندتر در نظر گرفت.

✚ چون سرعت جریان در یک کانال پوشش یافته می تواند بالاتر از یک کانال بدون پوشش باشد، مقطع عرضی یک کانال پوششی می تواند کوچک تر از یک کانال غیر پوششی که دبی مشابهی را انتقال می دهد، باشد .

روش پوشش مقاطع کانال در فصل بعد شرح داده خواهد شد.



## فصل ششم پوشش کانال؛

### ۶.۱. مقدمه

آیا کانال را بایستی پوشش دار کرد؟ این سوالی است که اغلب از سوی کشاورزان و یا دیگر کسانی که در بهره برداری از طرح‌های آبیاری مشارکت دارند، پرسیده می‌شود. بعضی از ملاحظات مرتبط با این موضوع که در این فصل مورد بحث قرار می‌گیرند عبارتند از:

- ⊕ ضرورت پوشش،
- ⊕ انتخاب نوع پوشش،
- ⊕ عملیات اجرایی پوشش کانال‌ها.

### ۶.۲. نتایج و هزینه‌های پوشش

پیش از تصمیم‌گیری درباره‌ی پوشش‌دارکردن یک کانال، باید هزینه‌ها و فواید پوشش کانال‌ها مورد بررسی و مقایسه قرار گیرد. با پوشش کانال‌ها، سرعت جریان آب را به دلیل نرم‌تر شدن سطح بستر و جداره‌ها می‌توان افزایش داد. به طور مثال، در همان شیب و همان اندازه مقطع، سرعت جریان در یک کانال پوشش یافته می‌تواند ۱,۵ تا ۲ برابر کانال خاکی و بدون پوشش باشد و این بدان معنی است که، برای انتقال مقدار دبی یکسان، برای کانال پوشش یافته می‌توان سطح مقطع کوچک‌تری در نظر گرفت.

فواید قابل پیش‌بینی برای پوشش یک کانال آب عبارتند از:

- ✦ صرفه جویی در آب،
- ✦ عدم نفوذ آب به زمین‌ها و جاده‌های مجاور،
- ✦ کاهش ابعاد مورد نیاز کانال،
- ✦ کاهش اقتضانات و هزینه‌های نگهداری.

## ۶.۲.۱. صرفه جویی آب

یکی از مهمترین دلایل پوشش کانال‌ها، می‌تواند کاهش تلفات آب باشد، زیرا تلفات آب در کانال‌های آبیاری فاقد پوشش بسیار بالاست. در کانال‌هایی ۳۰ تا ۱۵۰ لیتر در ثانیه آب انتقال می‌دهند، تلفات آب ناشی از نفوذ و رویش گیاهی به ۱۰ تا ۱۵ درصد از جریان می‌رسد. پوشش‌دار کردن یک کانال، به‌طورکامل نمی‌تواند این تلفات را حذف کند، اما می‌توان ۶۰ تا ۸۰ درصد از آبی که در نتیجه زبری کانال تلف می‌شود، با ایجاد پوشش سطحی سخت، ذخیره و حفظ نمود.

به حداقل رساندن تلفات آب بسیار مهم است، به‌ویژه در طرح‌های آبیاری که در آن از سیستم پمپاژ استفاده می‌شود. کاهش تلفات آب بدین معنی است که آب کمتری باید پمپاژ شود و بنابراین هزینه‌ی پمپاژ هم کاهش می‌یابد.

## ۶.۲.۲. عدم نفوذ آب به زمین‌ها و جاده‌های مجاور

اگر نفوذپذیری دیواره‌های کانال زیاد باشد، نفوذ آب ممکن است شرایط رطوبتی بالایی را بوجود بیاورد و یا سبب شود جاده‌ها و زمین‌های مجاور غرقاب گردد. پوشش چنین کانال‌هایی می‌تواند این مشکل را حل کند، زیرا نفوذپذیری دیواره‌ی یک کانال پوشش‌یافته بسیار کمتر از کانال بدون پوشش است و یا بسته به مصالح پوشش حتی ممکن است به صفر هم برسد.

## ۶.۲.۳. کاهش ابعاد کانال

زبری - مقاومت در برابر جریان - یک کانال پوشش یافته کمتر از کانال بدون پوشش است، و بنابراین، سرعت جریان آب در شیب بستر یکسان بیشتر از کانال بدون پوشش است. علاوه بر این، سطح سخت مصالح پوشش، در مقایسه با سطح کانال خاکی چون به‌راحتی فرسوده نمی‌شود، لذا انتقال جریان با سرعتی بالاتر را ممکن می‌سازد. همانطورکه قبلاً توضیح داده شد، دبی کانال، از حاصل ضرب سطح مقطع عرضی کانال و سرعت جریان آب به‌دست می‌آید. در

نتیجه، به‌ازای سرعت ممکن و مجاز بیشتر در کانال‌های پوشش‌یافته، می‌توان سطح مقطع کانال را نسبت به یک کانال بدون پوشش کوچک‌تر در نظر گرفت.

## ۶.۲.۴. کاهش نیاز به نگهداری

یک پوشش سطحی نظیر بتن، آجر، پلاستیک و... روی کانال می‌تواند مانع رشد گیاهان شود و از ایجاد حفره توسط جوندگان جلوگیری کند، در نتیجه، عملیات نگهداری چنین کانال آبی می‌تواند آسان‌تر و سریع‌تر از کانال آب بدون پوشش باشد. علاوه بر این سرعت بیشتر در این کانالها به خاکدانه‌هایی که در آب حمل می‌شوند، اجازه ته‌نشینی، تجمع و در نهایت رسوب‌گذاری نمی‌دهند.

بستر و کناره‌های کانال‌های پوشش‌شده نسبت به کانال‌های بدون پوشش مقاوم‌ترند و استعداد کمتری برای فرسایش دارند.

## ۶.۲.۵. هزینه‌های پوشش

هزینه‌های پوشش بسته به هزینه‌ی محلی کارگری و مصالح پوشش، همین‌طور به طولی از کانال که باید پوشش شود، می‌تواند بسیار بالا باشد. قیمت مصالح پوشش از محلی به محل دیگر متغیر است. کمیته‌های آبیاری و کشاورزانی که مسئول پوشش کانال‌ها در یک طرح آبیاری هستند وظیف دارند اطلاعات مورد نیاز در خصوص هزینه‌های مصالح و تامین نیروی کارگری را جمع‌آوری کنند.

## ۶.۳. انتخاب نوع پوشش

معمول‌ترین شیوه‌های پوشش در شکل ۴۰ نشان داده شده است و عبارت است از:

➤ بتن،

➤ بلوک‌های سیمانی، آجر و سنگ‌های ساختمانی،

➤ سیمان شنی،

➤ پلاستیک، و

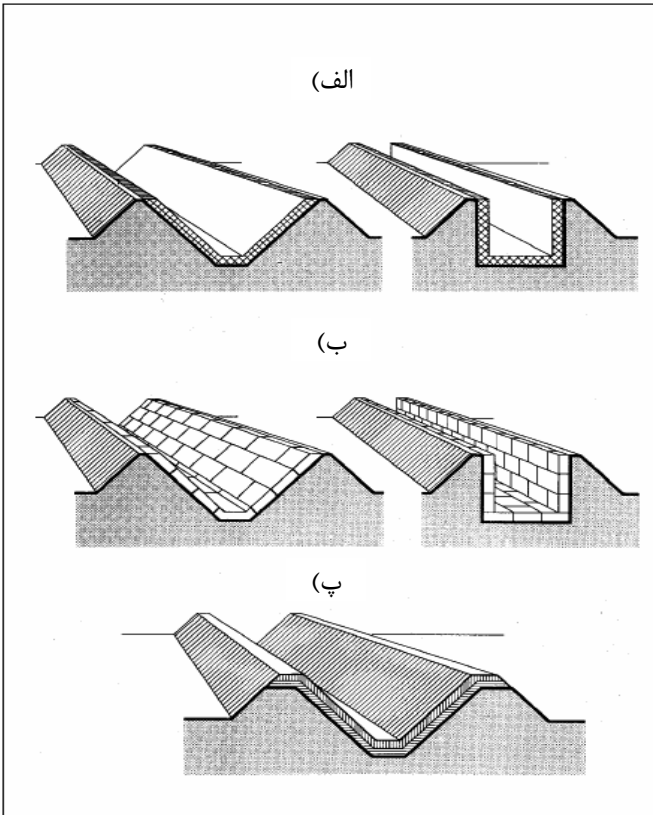
➤ رس متراکم

انتخاب مصالح پوشش در درجه‌ی اول، به این موارد بستگی دارد:

❖ هزینه‌های محلی

❖ قابلیت دسترسی به مصالح

❖ فراهم بودن شرایط استفاده از مهارت‌های بومی (صنعت گران محلی).



شکل ۴۰. انواع مختلف پوشش کانال‌ها:

(الف) پوشش بتنی (ب) پوشش آجری (پ) پوشش رس متراکم شده یا ماسه سیمان

اگر سیمان، شن و ماسه نسبتاً ارزان و از مناطق بومی در دسترس باشند، پوشش بتنی یک گزینه‌ی خوب خواهد بود. اگرچه سرمایه‌گذاری اولیه برای پوشش بتنی عموماً بالاست، اما اگر به‌درستی ساخته و نگهداری شود، تا مدت‌ها باقی می‌ماند، و می‌تواند که هزینه‌های اولیه‌ی بالا را جبران کند.

اگر صنایع بومی آجریزی، بتواند آجرهای ارزان فراهم کند، و یا اگر سنگ ساختمانی یا سنگ ملاط ماسه سیمان مهیا باشد، این مصالح را نیز

می‌توان مدنظر قرار داد. البته با انتخاب چنین شرایطی، سیمان زیادی برای ساختن ملاط و نیز اندود کردن سطوح موردنیاز است. ساخت این نوع پوشش نسبت به انواع دیگر، به کارگران بیشتری نیازمند است، بنابراین، استفاده از این نوع پوشش، محدود به جاهایی است که نیروی کار فراوان بوده و هزینه‌های تامین مصالح نسبتاً پایین است.

اگر حجم مناسبی از رس سنگین در نزدیکی طرح آبیاری فراهم باشد، پوشش رسی را می‌توان مدنظر داشت. پوشش کانالی آب بارس نیازمند نیروی کار نسبتاً زیادی است و بنابراین هزینه کارگران باید در مقایسه نسبت سود به هزینه‌ها لحاظ شود. استفاده از رس می‌تواند تلفات نفوذ را کاهش دهد و زبری سطح کانال را بهبود بخشد اما نمی‌تواند از رشد گیاهان و احتمال فرسایش جلوگیری کند.

## ۶. ۴. اجرا

### ۶. ۴. ۱. اقدامات مقدماتی

اجرای پوشش کانال با عملیات خاکی آغاز می‌گردد. کانال معمولاً داخل زمین ساخته می‌شود، به استثنای فلوم‌های پایه‌دار بتنی که رو یا بالاتر از سطح زمین باید قرار می‌گیرند. برای حفظ مصالح پوشش و تسهیل شکل دهی مقطع، خاک زیراساس باید حفاری شده و متراکم گردد تا دقیقاً شکل، شیب و راستای کانال را به‌خود بگیرد. به پی هر نوع پوشش که مدنظر قرار گرفت، به‌ویژه در زمان پر کردن آن باید توجه خاصی نمود. مصالح پوشش را ابتدا باید در حد رطوبت بهینه خیس کرد، سپس متراکم نمود و نهایتاً با دقت مرحله‌ی پر کردن انجام شود.

پوشش کانال‌های مستطیلی عموماً روی زمین صاف انجام می‌گیرد. ابتدا، مقطع کف کانال ساخته می‌شود و سپس دیواره‌های جانبی قائم که با پشته‌های خاکی حمایت می‌گردد همانطوری که در شکل ۴۰ و ۴۴- ت نشان داده شده است، به آن افزوده می‌شود.

### ۶. ۴. ۲. پوشش بتنی

پوشش بتنی را می‌تواند به شیوه‌های مختلفی انجام داد، شامل:

✦ اجرای دستی با اندود کردن بستر و دیواره‌ها (شکل ۴۱)،

✦ استفاده از قالب‌ها و روش قالب‌ریزی یک در میان (شکل ۴۲)،

✦ استفاده از دال‌های بتنی پیش ساخته (شکل ۴۳)



جایی که پوشش بتنی با دست اجرا شود، باید به اختلاط مصالح بتن توجه زیادی کرد. بتن نباید خیلی رقیق باشد تا خزش بتن از کناره‌ها و به سمت پایین اتفاق نیفتاد. در شیب‌های تند کناره، لازم است قالب بتن را تا وقتی که کاملا تثبیت شود، درجا نگه داشت.



شکل ۴۱. پوشش کانال با اندودکاری دستی

زمانی که برای پوشش، روش قالب‌ریزی یک‌درمیان انجام می‌گردد، از نشانه‌های راهنما استفاده می‌شود. مقاطع یک‌درمیان قالب‌گذاری و بتن‌ریزی شده، و انتهای مقاطع اجرا شده برای شکل‌دهی مقطع میانی استفاده می‌شود.

روزنه‌های کوچک یا درزهای انبساط در بازه‌ی  $1/5$  تا  $3$  متر برای انبساط و انقباض بتن غیرمسلح لازم است. این درزها با مصالح آسفالت انعطاف‌پذیر پر شده، تا از نشست آب جلوگیری شود.

برای کانال‌های کوچک، می‌توان از دال‌های بتنی پیش‌ساخته استفاده کرد، نظیر واحدهایی که در شکل ۴۳ نشان داده شده است. اگرچه برای دال‌های پیش‌ساخته شکل ۴۳ دریچه‌هایی نیز مهیا گردیده است.

(الف)

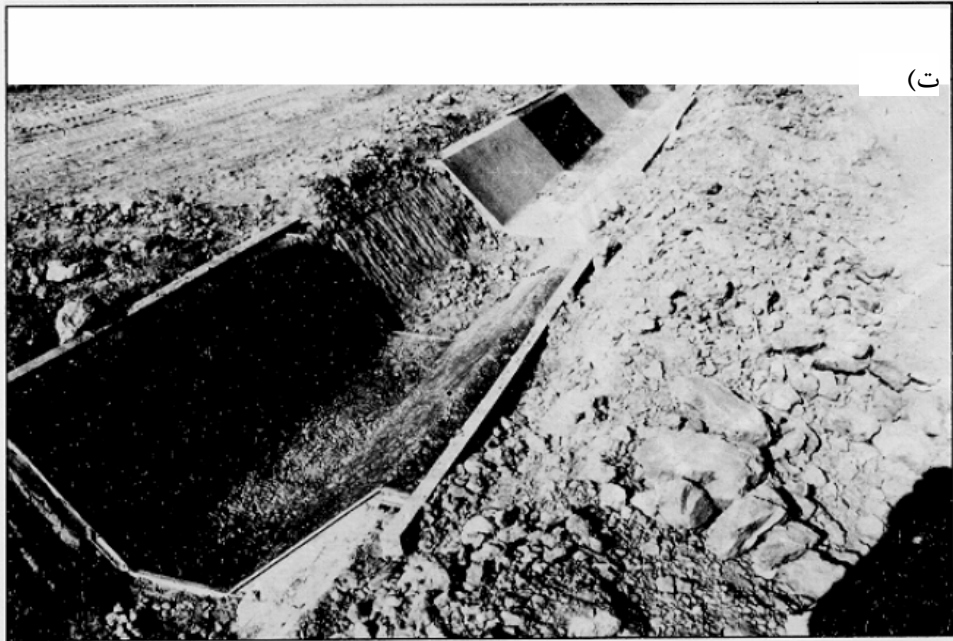
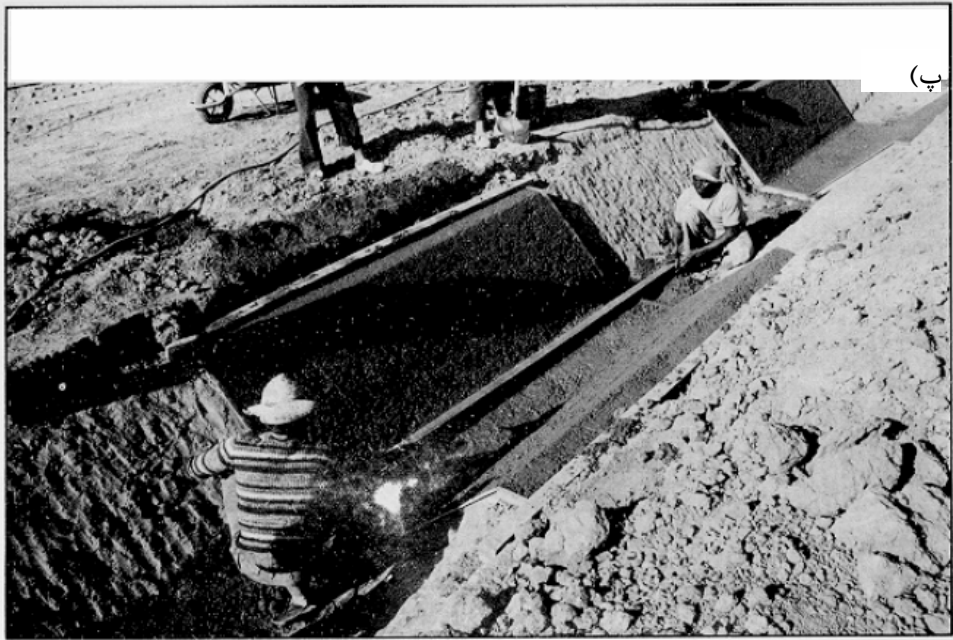


(ب)



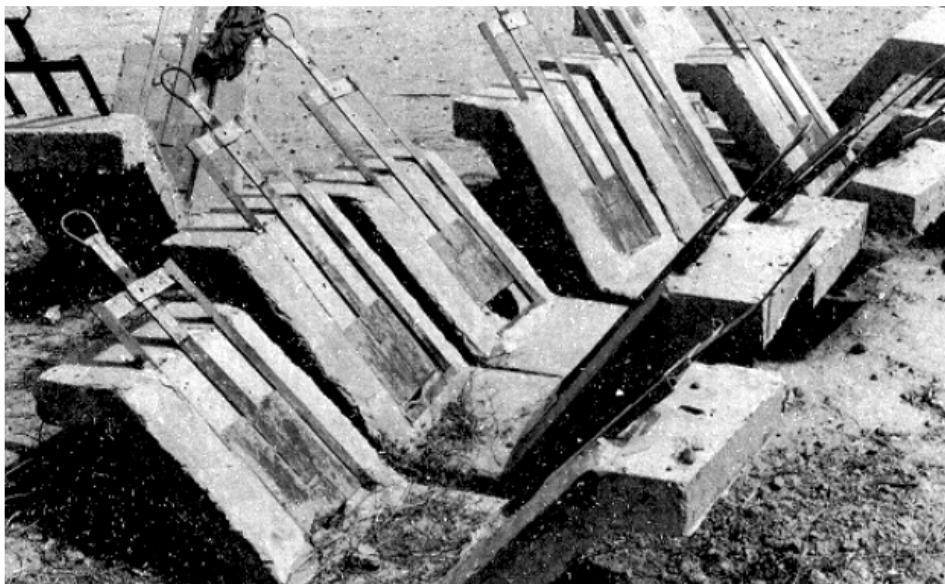
(ب) اندودکاری با سیمان

شکل ۴۲. الف) نصب علائم راهنما



ت) مقاطع کانال یک‌درمیان پوشش شده

شکل ۴۲. پ) تراکم، شکل‌دهی و هموارسازی با ماله



شکل ۴۳. دال‌های کانالی شکل پیش‌ساخته بتنی

### ۶. ۴. ۳. پوشش با بلوک سیمانی، آجر یا سنگ‌های ساختمانی

بلوک‌های سیمانی، آجرها یا سنگ‌ها روی بستر و کناره‌های متراکم‌شده کانال دوزنقه‌ای صاف خوابانده می‌شوند. درزها با ملاط سیمان که بایستی نسبت اختلاط سیمان به ماسه در آن ۱:۳ تا ۱:۴ باشد (از کل حجم ملاط یک قسمت سیمان به ۳-۴ قسمت ماسه) پر می‌شود.

کانال مستطیلی را نیز می‌توان با یک بستر بتنی یا آجری و دیواره‌های قائم آجری ساخت (رجوع کنید به شکل‌های ۴۴-الف تا ۴۴-ت).

شکل ۴۴-الف تخریب بستر یک کانال قدیمی فاقد پوشش را نشان می‌دهد. برای پوشش با بلوک سیمانی، پی در مرحله‌ی آماده‌سازی است. از بلوک قرار گرفته در نمای جلوی تصویر به‌عنوان تراز مبنا استفاده می‌شود.

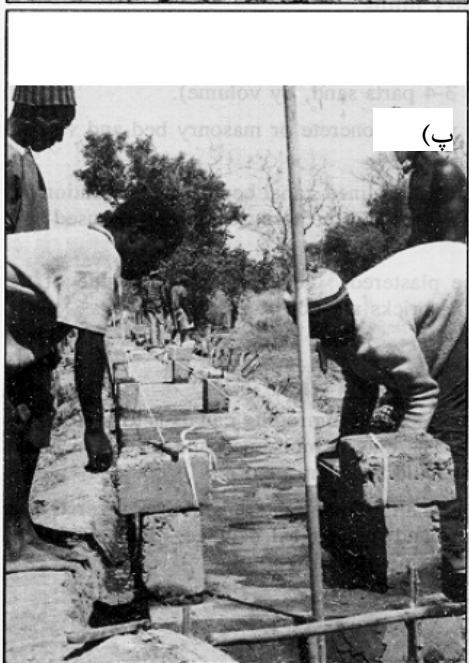
بلوک‌های نشان‌داده‌شده در شکل ۴۴-ت لازم است اندود شوند. معمولاً جانب در تماس با آب دیواره بنایی شده حتماً باید اندود شود، به‌ویژه اگر آجرها کیفیت خوبی نداشته باشند.



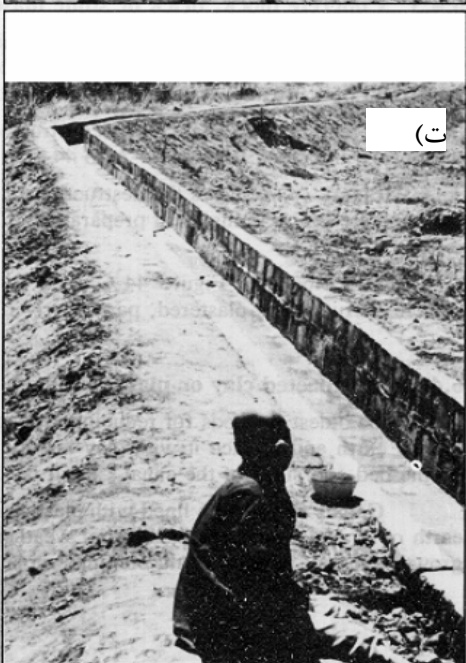
(الف)



(ب)



(پ)



(ت)

(ب) خواباندن بلوک‌های سیمانی روی کف  
(ت) پشت‌بند خاکی دیواره‌ها باید اضافه شود

شکل ۴۴. الف) تخریب بستر کانال قدیمی  
پ) ساختن دیواره

## ۶. ۴. ۴. پوشش با رس متراکم یا پلاستیک

یکی از قدیمی‌ترین شیوه‌ها برای کاهش تلفات نفوذ و بهینه‌سازی کانال‌ها برداشتن خاک متخلخل و جایگزینی آن با مصالح رسی است. رس مرطوب می‌شود و به صورت لایه‌لایه روی بستر و کناره‌های کانال قرار داده می‌شود. هر لایه باید متراکم شود.

کانال‌ها را با پلاستیک و آسفالت هم می‌توان پوشش داد. البته این مواد جهت حفاظت در برابر هوازدگی و تخریب مکانیکی باید با خاک یا شن پوشانده شوند. بنابراین رشد گیاهان و فرسایش خاک روی چنین پوشش‌هایی ممکن است ادامه یابد. (رجوع کنید به شکل ۴۵).



شکل ۴۵. پوشش پلاستیکی

پوشش پلاستیکی نشان داده شده در شکل ۴۵ دارای نصب آسانی است. چنین پوشش انعطاف‌پذیری در خاک‌هایی که حاوی رس متورم یا گچ هستند، مفید است. با این حال، پوشش پلاستیکی به راحتی توسط گیاهان، انسان و حیوانات ولگرد قابل تخریب است و وقتی پلاستیک در طولانی مدت، در معرض تابش شدید خورشید قرار گیرد، از هم می‌پاشد.



## ۱.۷. مقدمه

این فصل به مباحث مهمی در زمینه‌ی ایجاد اراضی فاریاب جدید از طریق توسعه‌ی پروژه‌های موجود یا طراحی یک پروژه‌ی جدید، به‌طور مستقل از هم، می‌پردازد و برخی مشکلات و رویکردهای اساسی قابل توجه در مسیر توسعه‌ی طرح‌های موجود را مطرح می‌کند. هدف از این فصل این است که به خوانندگان موضوعاتی را نشان دهد که قبل از گرفتن هر تصمیمی برای شروع عملیات ساخت باید مدنظر قرار داد.

این بحث به طرح‌های کوچک با زیرحوزه کمتر از ۵۰ هکتار محدود می‌شود، لذا دبی در کانال‌های جدید باید کم باشد، و این مساله ابعاد کانال‌ها را کاهش می‌دهد. وقتی اراضی هدف بیش از ۵۰ هکتار باشند یا جایی که مسائل طراحی پیچیده‌ای وجود دارد، مسئول بخش آبیاری جهت مشاوره بایستی یک مهندس آبیاری درخواست کند.

اینجا باید تأکید شود که دخالت کشاورزان ذینفع در آینده، عامل بسیار مهمی در طراحی و ساخت شبکه‌های آبیاری جدید است. اگر کشاورزان از ابتدای طرح تشویق به مشارکت شوند، بهره‌برداری و مدیریت طرح، قابل سازماندهی بوده، و به شکل امیدوارکننده‌ای یک حس غرور درونی از مشارکت در طرح خواهند داشت مسلماً اگر هر کشاورز درگیر طراحی و ساخت نشود و بعداً طرح جدیدی را مطابق دلخواه خود مطالبه کند، مشکل‌ساز خواهد شد.

## ۷. ۱. ۱. توسعه‌ی طرح‌ها کوچک

زمینی که در مجاورت طرح آبیاری موجود قرار دارد، باید برای گسترش اراضی طرح مورد بررسی قرار گیرد. در زمان مطالعه چنین طرح توسعه‌ای، لازم است به سوالات متعددی پاسخ داده شود:

- ⊕ آیا خاک برای تولید محصول فاریاب مناسب است؟
- ⊕ آیا وضعیت توپوگرافی برای آبیاری مناسب است؟
- ⊕ مالکین اراضی منطقه چه کسانی هستند، چه کسی وضعیت اجاره اراضی را کنترل می‌کند و چه کسانی از مزارع جدید استفاده خواهند کرد؟
- ⊕ چه مقدار آب برای آبیاری اراضی جدید نیاز است؟
- ⊕ آیا آب کافی از منابع موجود فراهم می‌شود؟
- ⊕ آیا رساندن آب تامین شده به مزارع جدید از طریق توسعه‌ی شبکه کانال‌های آبیاری موجود ممکن است یا باید شبکه‌ی آبیاری جدیدی ساخته شود؟

## ۷. ۲. ۲. برنامه‌ریزی برای یک پروژه جدید

نظیر همین پرسش‌ها، هنگام ایجاد یک طرح آبیاری جدید و مستقل هم مطرح می‌شوند. مساله اساسی که در ابتدا باید حل شود تامین آب با کیفیت و کمیت خوب است. سوال‌های دیگری که باید پاسخ داده شود این است که: چطور باید آب از این منبع استخراج می‌شود؟ آیا می‌توان به شکل ثقلی آب را استخراج کرد یا به نصب پمپ نیاز دارد؟ تجربیات حاصل از طرح‌های آبیاری مجاور می‌تواند برای طراحی پروژه‌ی جدید مورد استفاده قرار گیرد. به عنوان مثال جنبه‌های که در مطالعه‌ی طرح‌های مجاور می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد، عبارتند از:

- ⊕ چه نوع کانال‌هایی در طرح‌های مجاور استفاده شده، و به کارگیری آن رضایت‌بخش بوده است؟
- ⊕ ابعاد زمین‌های کشاورزی در آن طرح‌ها چقدر بوده، و آیا باید در طرح جدید بزرگتر یا کوچکتر می‌شدند؟

بخش‌های بعدی جزئیات این پرسش‌ها را دربرنمی‌گیرد، زیرا بسیاری از عوامل به شرایط محلی بستگی دارند که البته از جایی به جای دیگر متفاوت است. این فصل بیشتر سعی می‌کند



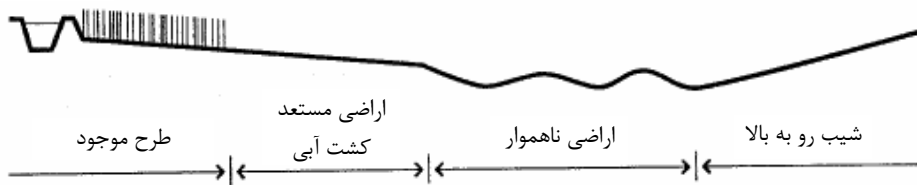
به خواننده این ایده را بدهد که درباره‌ی توسعه‌ی یک طرح قدیمی و یا ساخت یک طرح آبیاری جدید چه رویکردی داشته باشد. دوباره تأکید می‌شود که در مسائل پیچیده باید از کمک مشورتی یک مهندس آبیاری استفاده شود.

سوال‌هایی که در مورد ویژگی‌های خاک و مالکیت زمین مطرح هستند در اینجا مورد بحث قرار نمی‌گیرد، زیرا چنین پرسش‌هایی خارج از محدوده‌ی این کتاب هستند.

## ۲.۷. توپوگرافی اراضی مورد نظر

مناطق که برای توسعه یا برای طرح جدید مدنظر قرار می‌گیرد نباید روی شیب تند قرار داشته باشد و لزوماً باید نسبتاً هموار، با یک سرانشیبی ملایم رو به پایین از طرح موجود یا از منبع تامین آب باشد (رجوع کنید به شکل ۴۶). این شکل پروفیلی از زمین یک منطقه را در امتداد مسیر منبع تامین آب تا اراضی فاریاب جدید نشان می‌دهد. پروفیل طولی اراضی می‌تواند در قضاوت در مورد امکان‌سنجی توسعه‌ی طرح گذشته یا ساخت طرح آبیاری جدید کمک کند.

منبع تامین آب



شکل ۴۶. توسعه یک پروژه آبیاری

وقتی این اطمینان وجود ندارد که اراضی جدید را بتوان بدون مشکل آبیاری کرد، باید با یک مهندس آبیاری مشورت کرد. این مهندس می‌تواند نقشه تفضیلی توپوگرافی منطقه را بررسی و نظر مشورتی خود را ارائه کند.

## ۳.۷. نیاز آبی

به‌طور کلی پس از این‌که ناحیه مستعد کشت فاریاب شناسایی شد، حدود اراضی بهره‌بردار از آب زراعی باید تعیین شود و بعد از تعیین مساحت حدود اراضی مد نظر جهت توسعه کشت آبی، نیاز آبی منطقه باید محاسبه شود.

در مورد طرح‌های توسعه، نیاز آبیاری منطقه‌ی توسعه بایستی به طرح قدیمی اضافه شود. بنابراین در محاسبات، مجموع نیازهای آب آبیاری از گنجایش سازه‌ی آبگیر یا کانال اصلی طرح پایه نباید تجاوز نکند.

وقتی ظرفیت ذخیره‌ی سردهنه‌ی آبگیر و کانال اصلی برای منطقه توسعه با همان شرایط اراضی موجود کافی نباشد، باید گنجایش کانال اصلی و این سازه، قبل از عملی شدن طرح توسعه، افزایش یابد.

#### ۷.۴. انتقال آب به اراضی جدید

اگر آب کافی در منبع تامین آب موجود باشد و گنجایش دهانه‌ی آبگیر و کانال اصلی به اندازه‌ی کافی بزرگ است (یا توسعه داده شده باشد) آب مورد نیاز اراضی جدید را می‌توان با توسعه‌ی شبکه کانال‌های موجود تامین کرد. گنجایش شبکه کانال‌ها باید تعیین شود و با مقدار دبی مورد نیاز در طرح توسعه مقایسه شود. وقتی گنجایش شبکه کانال‌ها برای انتقال میزان آب مورد نیاز کافی باشد، کافی است کانال‌های جدید در منطقه‌ی توسعه احداث شوند، اما اگر گنجایش شبکه برای انتقال دبی مورد نیاز کافی نباشد، باید گنجایش را افزایش داد. در این شرایط نه تنها کانال‌های جدید باید ساخته شود بلکه باید کانال‌های موجود هم برای افزایش توان تامین آب، بزرگتر شوند.

یک روش مناسب برای برآورد گنجایش کانال و همین‌طور افزایش آن در ادامه‌ی کتاب ارائه شده است.

اگر برای یک طرح جدید، طرح اولیه کاملی از شبکه کانال‌ها از محل منبع تامین آب باید ترسیم شود. موضوع چگونگی ساخت طرح لیوت شبکه در اینجا مورد بحث قرار نمی‌گیرد زیرا طرح لیوت شبکه به شرایط و عوامل محلی، نظیر؛ نوع خاک، شیب، محصولات و... بستگی دارد که در این قسمت، تنها به شکل کلی اشاره‌ای به آن شده است.

توصیه می‌شود که کانال‌های تغذیه‌کننده در امتداد خط‌الراس‌ها یا در عرض شیب عمومی زمین قرار گیرند، به طوری که تراز آب در این کانال‌ها تا حد امکان امکان بالاتر از اراضی مجاور باشد. بنابراین لیوت شبکه کانال‌ها تا جایی که میسر باشد، باید بر مرزهای مزارع موجود منطبق باشد و جاده‌ها و زهکش‌های طبیعی موجود را قطع نکند.

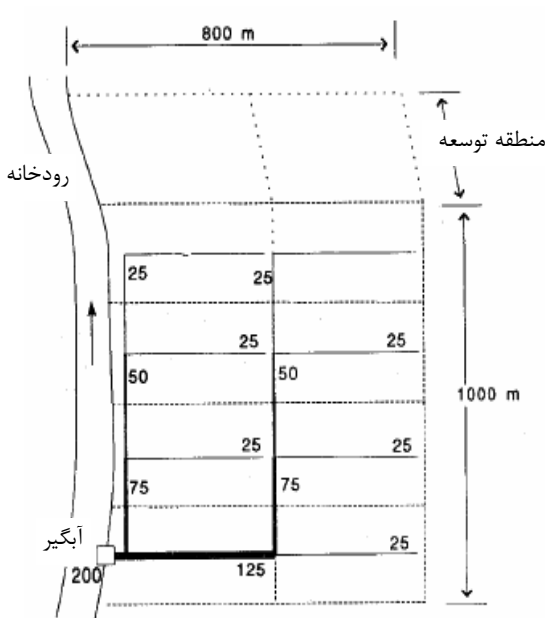
باید به تراز آب در کانال‌های جدید توجه ویژه‌ای داشت. لذا به منظور فراهم آوردن نیاز آبی یک مزرعه، سطح آب در کانال تامین‌کننده باید حداقل ۱۰ سانتی‌متر بالاتر از بلندترین قسمت مزرعه‌ای باشد که قرار است آبیاری شود. روش ساخت کانال‌های آبیاری جدید در ادامه‌ی کتاب شرح داده شده است.

## ۵.۷. نمونه‌ای از توسعه‌ی یک طرح کوچک

نمونه‌ای از توسعه‌ی طرحی کوچک در این قسمت آمده است. پس از شرح کلیات طرح، روشی که بر اساس آن عمل توسعه‌ی طرح محقق گردیده، ارائه می‌شود.

### شرح طرح آبیاری

سایت این طرح آبیاری در امتداد یک رود کوچک واقع شده، و سطح تحت پوشش آن ۸۰



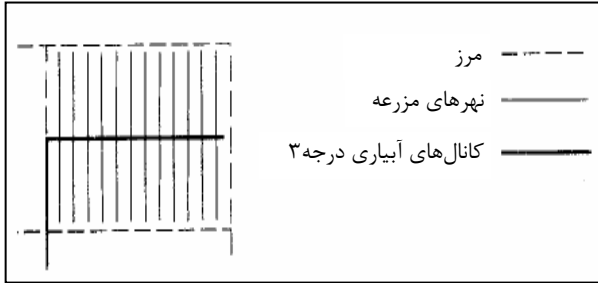
۷۵ = گنجایش واقعی (کانال)

هکتار است (۸۰۰ متر عرض در ۱۰۰۰ متر طول). این زمین در جهت شرق و شمال شیب دارد، اگرچه در راستای شمال، شیب نسبتاً هموار است. این طرح به ۸ بلوک هم‌اندازه تقسیم می‌شود و تامین آب هر بلوک برعهده‌ی یک کانال درجه‌ی سه است. آب آبیاری با دبی  $20 \text{ L/s}$  از رودخانه‌ای منشعب می‌شود. این جریان در شبکه‌ی کانال‌ها به‌گونه‌ای تقسیم می‌شود که سهم هر بلوک  $25 \text{ L/s}$  است.

شکل ۴۷. طرح آبیاری موجود و موقعیت ممکن توسعه

طرح واقع شده‌اند برای ورود و مشارکت در طرح مدنظر قرار گرفته‌اند (رجوع کنید به شکل ۴۷).

طول هر نهر مزرعه در حدود ۱۰۰ متر است (رجوع کنید به شکل ۴۸).  
 فرآیند مدنظر برای توسعه ی این طرح گام های زیر را دربرمی گیرد:

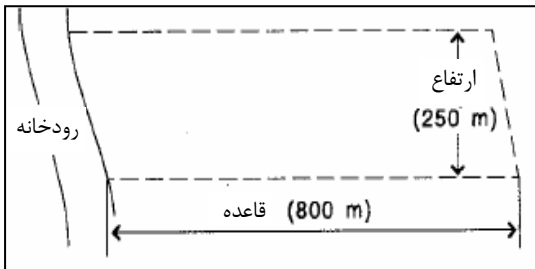


گام ۱: نشانه گذاری منطقه  
 مدنظر برای توسعه و اندازه  
 گیری سطح اراضی جدید.  
 گام ۲: نشانه گذاری مسیر  
 کانال ها در ناحیه ی توسعه.

گام ۳: کنترل شیب  
 راستاهای پیشنهادی برای کانال.

گام ۴: محاسبه ی دبی مورد نیاز در کانال های جدید.  
 گام ۵: افزودن نیازهای آبیاری منطقه ی توسعه به نیاز آبی طرح موجود و کنترل گنجایش  
 ساختمان آبرگیر و قابلیت دسترسی آب از منبع تامین آن.  
 گام ۶: تعیین دبی های مورد نیاز که از طریق کانال های موجود به منطقه ی جدید می رسد و  
 کنترل گنجایش کانال ها.

گام ۷: اگر لازم است ، بزرگتر کردن ظرفیت دهانه های آبرگیر یا کانال های موجود.  
 گام ۸: تعیین ابعاد و رقوم ارتفاعی کانال های آبیاری جدید و ساخت آن ها.  
 گام ۹: اگر لازم باشد، ساخت سازه های جدید و افزایش گنجایش سازه های موجود.  
 گام ۸ اول به تفصیل شرح داده می شود اما گام ۹ خارج از موضوع کتاب حاضر است و  
 امید است در کتب آتی مورد بحث قرار گیرد.

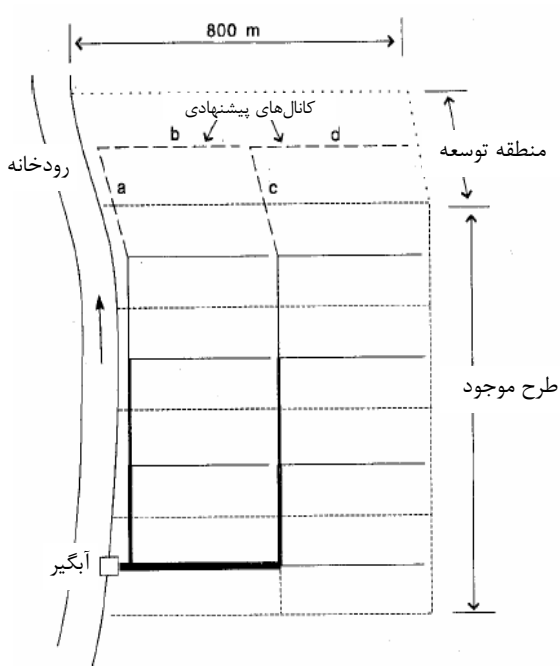


گام ۱: نشانه گذاری منطقه مدنظر  
 برای توسعه و اندازه گیری سطح  
 اراضی جدید.  
 مرزهای منطقه موردنظر  
 نشانه گذاری می شود. شیب مزرعه  
 کنترل می شود. این منطقه برای  
 توسعه باید خاک خوب و شیب ملایم

شکل ۴۹. تعیین سطح منطقه توسعه

رو به پایین از طرح موجود داشته باشد: منطقه توسعه باید از خاک مناسب و شیب ملایم، از طرح موجود رو به سمت پایین، برخوردار باشد. این اطلاعات را می توان از مشاهدات میدانی به دست آورد. به عنوان نمونه، مسیر رواناب در طول فصل پرباران جهت شیب را نشان می دهد. حدود ناحیه‌ی جدید اندازه‌گیری، و مساحت منطقه برآورد می‌شود (رجوع کنید به شکل ۴۹). ناحیه‌ی جدید شکلی نظیر متوازی الاضلاع دارد. طول ناحیه یا قاعده‌ی متوازی الاضلاع ۸۰۰ متر و عرض ناحیه یا ارتفاع متوازی الاضلاع ۲۵۰ متر، و در نتیجه مساحت ناحیه توسعه  $200000 \text{ m}^2 = 800 \times 250$  است. ناحیه‌ی جدید به دو بلوک ۱۰۰۰۰۰ مترمربعی یا به عبارتی دیگر ۱۰ هکتاری تقسیم می‌شود. این دو بلوک جدید مساحتی مشابه بلوک‌های موجود در طرح در حال بهره برداری دارند.

گام ۲: نشانه‌گذاری مسیر کانال‌ها در ناحیه‌ی توسعه.



در بررسی‌های مسیره‌های مربوط به کانال‌های جدید باید به ابعاد بلوک‌های آبیاری توجه شود. ابعاد بلوک‌ها باید با اندازه‌ی نظیر آن در طرح موجود برابر باشد، به طوری که نه‌های مزرعه از نظر طول با انهار مزرعه طرح موجود برابر باشند. ناحیه‌ی جدید در این نمونه به دو بلوک تقسیم شده است (رجوع کنید به شکل ۴۷). شکل ۵۰ مسیر کانال‌های جدید را نشان می‌دهد.

شکل ۵۰. مسیرهای پیشنهادی برای کانال‌های آبیاری جدید

گام ۳: کنترل شیب

مسیره‌های پیشنهادی برای کانال

در این مرحله، مسیرهای پیشنهادی برای احداث کانال تعیین می شود. وقتی شیب زمین بین ۰/۰۵ و ۰/۱۵ درصد باشد کانال‌ها را می توان به تبعیت از همان شیب طبیعی زمین احداث کرد. اگر شیب طبیعی زمین کمتر از ۰/۰۵ درصد باشد، مقطع عرضی کانال جدید باید نسبتاً بزرگ‌تر در نظر گرفته شوند و اگر شیب تندتر از ۰/۱۵ درصد باشد ممکن است لازم باشد برای ساخت کانال‌ها خاک‌برداری و خاک‌ریزی و احداث سازه‌های شیب‌شکن محقق گردد تا سرعت جریان کاهش یابد (رجوع کنید به شکل ۳۸ در بخش ۵. ۶. ۲). وقتی شیب مزرعه در راستای کانال‌های پیشنهادی بین ۰/۰۵ درصد و ۰/۱۵ درصد نباشد، توصیه می‌شود که برای راهنمایی‌های بیشتر با یک مهندس آبیاری مشاوره شود.

روش تعیین شیب مسیر کانال‌ها در ضمیمه ۳ ارائه شده است.

کانال‌های **a, b** و **c, d** مسیرهای پیشنهادی برای کانال‌های جدید هستند. شیب این چهار مسیر بین ۰/۰۵ و ۰/۱۵ درصد است و کانال‌هایی که در زمین ساخته می‌شوند باید از همین شیب تبعیت کنند.

گام ۴: محاسبه نیاز آب آبیاری بلوک‌های جدید

دبی مورد نیاز در کانال‌های جدید تخمین زده می‌شود. حداکثر آب آبیاری برای این طرح ۲/۵ لیتر در ثانیه به ازای هر هکتار بوده است. نیاز آبی برای منطقه‌ی توسعه در صورت کشت گیاهان زراعی مشابه، همان مقدار خواهد بود. فلذا نیاز آبی هر بلوک جدید  $25 \times 10 = 250 \text{ L/s}$  خواهد بود. بنابراین کانال‌های **a, b** و **c, d** باید گنجایشی در حدود  $250 \text{ L/s}$  داشته باشند.

گام ۵: افزودن نیازهای آب آبیاری منطقه‌ی توسعه به نیازهای طرح در حال بهره‌برداری و بررسی گنجایش آب در سازه‌های آبرگیر و میزان آب قابل دسترس.

نیاز آبی منطقه‌ی جدید  $50 \text{ L/s} = 2/5 \times 10 \times 2$  است.

نیاز آبیاری طرح موجود  $200 \text{ L/s} = 2/5 \times 80$  است.

لذا، نیاز آب آبیاری برای توسعه‌ی طرح برابر است با:  $250 \text{ L/s} = 200 + 50$  و در نتیجه

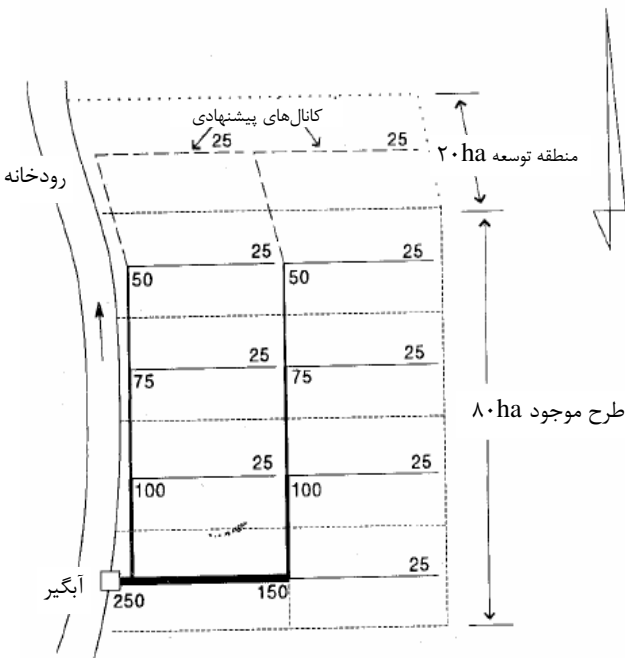
گنجایش سازه‌ی آبرگیر باید برابر  $250 \text{ L/s}$  یا بیشتر از آن باشد.

در این نمونه، فرض شده است سازه‌ی آبرگیر طرح موجود، گنجایش کافی برای تامین نیاز

آبی اضافی ناحیه‌ی جدید را دارد.

گام ۶: تعیین دبی های مورد نیاز کانال های موجود که تامین نیاز منطقه‌ی جدید را به عهده دارند و کنترل گنجایش کانال ها.

دبی مورد نیاز در کانال های جدید باید به دبی کانال های در حال بهره برداری طرح موجود که تامین کننده نیاز بلوک های جدید هستند اضافه شود (رجوع کنید به شکل ۵۱ که در آن مسیر جریان های جدید در سیستم کانال ها نشان داده شده است).



گنجایش جدید (کانال ها) = ۱۵۰

شکل ۵۱. توسعه طرح و دبی های مورد نیاز

گنجایش مقاطع کانال های موجود باید برای انتقال دبی جدید کافی باشد و اگر با ابعاد مورد نظر خیلی اختلاف دارند باید بزرگتر شوند.

گنجایش کانال را می توان با بالا بردن ارتفاع خاکریزهای کانال یا با تعریض عرض بستر افزایش داد.

با داشتن مقدار دبی های جدید مورد نیاز، باید گنجایش کانال های موجود بررسی شود. فرآیند برآورد گنجایش کانال در بخش ۲ ضمیمه ۱ کتاب ارائه داده شد. برآوردها برای مقطع e شکل ۵۰ نشان می دهد، برای این نمونه در مقطع مورد نظر؛

$$Q_{\max} = 33 \text{ L/s}$$

گنجایش این مقطع کانال باید  $50 \text{ L/s}$  باشد (رجوع کنید به شکل ۵۱). بنابراین نیاز است این مقطع بزرگتر شود.

گام ۷: افزایش گنجایش

کانال های موجود در صورت نیاز

گام ۱: تعیین ابعاد و رقوم ارتفاعی کانال های جدید و ساخت آنها.

چون شیب کانال های آبیاری جدید بین ۰/۰۵ و ۰/۱۵ درصد هستند (از گام ۳)، از جدول ۱ (در فصل ۳) می توان برای تعیین ابعاد کانال ها استفاده کرد. این کانال ها با خاک ساخته می شوند. لذا برای دبی جریان  $25 \text{ L/s}$  از جدول عرض بستر ۲۰ تا ۲۵ سانتی متر و عمق آب ۱۵ تا ۲۵ سانتی متر به دست می آید. حداقل ارتفاع آزاد مورد نیاز برای چنین کانال هایی، ۲۵ سانتی متر است (رجوع کنید به فصل ۳). برای مقاطع عرضی کانال های با شیب ملایم، می توان عرض بستر ۲۵ سانتی متر و ارتفاع ۴۵ سانتی متر را در نظر گرفت. در خاک های غنی از رس در این ناحیه با ضریب اطمینان مناسبی می توان از با شیب جانبی ۱:۱ استفاده کرد.

به سطح تراز آب در کانال ها باید توجه کرد. برای ذخیره ی آب در مزرعه، این تراز باید کمتر از ۱۰ سانتی متر بالاتر از رقوم ارتفاعی مزرعه باشد. اگر لازم بود، می توان سطح آب را با نصب سازه های کنترل در کانال بالا آورد. اما باید توجه داشت که ارتفاع خاکریز کانال باید به اندازه کافی نسبت به حداقل ارتفاع آزاد مورد نیاز بالای این تراز آب حداکثر بیشتر باشد. پس از تعیین ابعاد مقاطع عرضی کانال های جدید، عملیات ساختن آنها آغاز می شود. ضمیمه ۲ این کتاب به ساخت کانال ها مربوط می شود.